

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

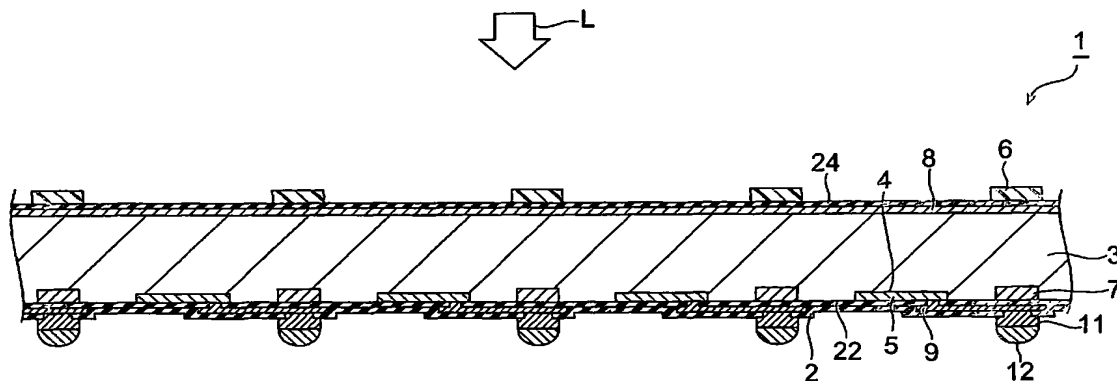
(10) 国際公開番号  
WO 2004/086506 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 27/146, 31/10, G01T 1/20 (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目10番6号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004215
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004) (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-087764 2003 年 3 月 27 日 (27.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴山 勝己 (SHIBAYAMA, Katsumi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社 内 Shizuoka (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: PHOTODIODE ARRAY AND PRODUCTION METHOD THEREOF, AND RADIATION DETECTOR

(54) 発明の名称: ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器



(57) Abstract: A photodiode array (1) is provided with an n-type silicon substrate (3). A plurality of photodiodes (4) are formed in an array form on the surface opposite to the surface, onto which a light (L) to be detected enters, of the n-type silicon substrate (3). Spacers (6), each having a specified height, are provided in an area that does not correspond to a photodiode (4)-formed area on the light-to-be-detected (L)-incident surface of the n-type silicon substrate (3).

(57) 要約: ホトダイオードアレイ 1 は、n 型シリコン基板 3 を備える。n 型シリコン基板 3 における被検出光 L の入射面の反対面側に、複数のホトダイオード 4 がアレイ状に形成されている。n 型シリコン基板 3 の被検出光 L の入射面側におけるホトダイオード 4 が形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有するスペーサ 6 が設けられている。



2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器

### 技術分野

【0001】 本発明は、ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射  
5 線検出器に関する。

### 背景技術

【0002】 この種のホトダイオードアレイとして、従来から、パンプ電極等  
の形成されている面の反対面（裏面）から光を入射させるタイプの裏面入射型ホ  
トダイオードアレイが知られている（例えば特許文献1参照）。この特許文献1に  
10 開示されているホトダイオードアレイは、図26および図27に示されるように、  
n型シリコン基板133に角柱状のp層134を形成することにより、pn接合  
によるホトダイオード140を有している。シンチレータ131は、ホトダイオ  
ード140が形成されている表面（図面の下側）の裏面（図面の上側）に、負電  
極膜136を介してシンチレータ131が接着されている。シンチレータ131  
15 にて波長変換された光がホトダイオード140に入射すると、ホトダイオード1  
40は入射光に応じた電流を生じさせる。ホトダイオード140にて生じた電流  
は、表面側に形成された正電極135、半田球139、及びプリント基板137  
に設けられた半田パッド138を通して出力される。

【0003】 【特許文献1】 特開平7-333348号公報

### 発明の開示

【0004】 ところで、上述のホトダイオードアレイ、例えばCT用ホトダイ  
オードアレイを実装するには、チップを吸着するコレットとして、平コレットと  
角錐コレットを使用することができる。通常フリップチップボンディングを行う  
場合は、平コレットが使用されている。CT用ホトダイオードアレイは、チップ  
25 面積が大きい（例えば、1辺20mmの矩形状）。図25Bに示すように、通常の  
マウンタで使用する角錐コレット161を使用する場合、チップ162と角錐

コレット１６１との隙間１６３により、チップ１６２に反り返りが生じる。このため、角錐コレット１６１を使用する場合、上記反り返りにより位置ずれが生じ、チップ１６２の実装精度が低下するおそれがある。また、フリップチップボンディングを行う際には加熱や加圧が必要となるが、角錐コレット１６１では熱伝導の効率が良くない。また、加えられる圧力によって、チップ１６２のエッジが損傷するおそれもある。以上のことから、角錐コレット１６１は、薄いチップを吸着するのには不向きである。したがって、フリップチップボンディングを行う場合は、図２５Ａに示すように、チップ面に面接触する平コレット１６０でチップ１６２を吸着しつつ、そのチップ１６２にヒータブロック１６４から熱と圧力を加えている。

【０００５】 しかしながら、平コレット１６０を使用すると、チップ１６２のチップ面全体が平コレット１６０に接触することになる。光入射面となるチップ面全体が平コレット１６０に接触して加圧および加熱を受けると、そのチップ面上の、ホットダイオードを構成する不純物拡散層に対応する領域が物理的なダメージ（損傷）を受ける場合がある。このように、チップ面がダメージを受けると、外観不良や特性劣化（暗電流や雑音の増加など）といった問題が生じることとなる。

【０００６】 本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、実装時にホットダイオードに対応する領域がダメージを受けてしまうのを防止して、特性劣化を防ぐことが可能なホットダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器を提供することにある。

【０００７】 上述した目的を達成するため、本発明に係るホットダイオードアレイは、半導体基板を備え、半導体基板における被検出光の入射面の反対面側に、複数のホットダイオードがアレイ状に形成されており、半導体基板の被検出光の入射面側におけるホットダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部が設けられていることを特徴とする。

【0008】 本発明に係るホトダイオードアレイでは、突出部が、半導体基板の入射面側において、ホトダイオードが形成された領域に対応する領域よりも突出している。実装時に平コレットを使用する場合に、突出部は、平コレットとの間に隙間を形成するスペーサとして機能する。このため、上記ホトダイオードが形成された領域に対応する領域が平コレットに直に接触することがなく、加圧や加熱によるダメージを受けることがない。この結果、ノイズや暗電流等による特性劣化を効果的に防止することができる。

【0009】 また、半導体基板における被検出光の入射面の反対面側には、所定の深さを有する窪み部がアレイ状に複数形成されており、各ホトダイオードは、窪み部の底部にそれぞれ形成されていることが好ましい。この場合、半導体基板の被検出光の入射面からホトダイオードまでの距離が短縮されるので、被検出光の入射により発生するキャリアの移動過程における再結合が抑制される。この結果、光検出感度が向上する。

【0010】 また、突出部は、遮光性を有する樹脂又は金属からなることが好ましい。この場合、半導体基板の入射面におけるホトダイオードが形成された領域に対応しない領域への光入射が防止される。この結果、ホトダイオードアレイの解像度が向上することになる。

【0011】 また、突出部は、複数設けられており、各突出部は、所定の間隔を有するように断続的に配置されていることが好ましい。この場合、半導体基板の入射面の前方空間が、突出部により、互いに連通する複数の空間に仕切られることとなる。このため、例えば後述するシンチレータパネルを装着するために、当該シンチレータパネルと入射面との間に樹脂を塗布したときに、その樹脂が突出部により仕切られる各空間に行き渡り易くなる。また、各空間内でのボイドの発生も抑制できる。

【0012】 また、半導体基板には、隣接する各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられていることが好ましい。この場

合、不純物領域により表面リークが発生が抑えられるために、隣接するホトダイオード同士を確実に電氣的に分離することができる。

【0013】 また、半導体基板の被検出光の入射面側には、当該半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることが好ましい。この場合、半導体基板内部の光入射面近傍で発生したキャリアがトラップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動することとなる。この結果、光検出感度を高めることができる。

【0014】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法は、第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、半導体基板の一方の面側に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、半導体基板の他方の面において、ホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部を設ける工程と、を備えることを特徴とする。

【0015】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法では、半導体基板の一方の面にホトダイオードがアレイ状に配列して形成されると共に、他方の面におけるホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に上記突出部が設けられたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0016】 また、本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法は、第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、半導体基板の一方の面側に、窪み部をアレイ状に配列して複数形成する工程と、窪み部の底部に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、半導体基板の他方の面において、ホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部を設ける工程と、を備えることを特徴とする。

【0017】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法では、半導体基板の一方の面に形成された窪み部の底部にホトダイオードがアレイ状に配列して形

成されると共に、他方の面におけるホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に上記突出部が設けられたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0018】 また、上記突出部を設ける工程の前に、半導体基板の他方の面に、第1導電型の高不純物濃度層を形成する工程を更に備えることが好ましい。この場合、半導体基板の他方の面に、半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成される。このため、半導体基板内部の光入射面近傍で発生したキャリアがトラップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動することとなる。この結果、光検出感度を高めることができる。

【0019】 また、隣接する不純物拡散層の間に第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に備えることが好ましい。この場合、隣接する各ホトダイオードが確実に電氣的に分離されたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0020】 本発明に係る放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイにおける被検出光の入射面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする。

【0021】 また、本発明に係る放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイの製造方法により製造されたホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイの突出部が設けられた面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする。

【0022】 これら、本発明に係る放射線検出器それぞれにおいては、上記ホトダイオードアレイを備えているため、ノイズや暗電流等による特性劣化を効果的に防止することができる。

#### 図面の簡単な説明

【0023】 図1は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの断面構成を示す図である。

【0024】 図2は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの構成を説明するための図である。

【0025】 図3は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0026】 図4は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

5 【0027】 図5は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0028】 図6は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

10 【0029】 図7は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0030】 図8は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0031】 図9は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

15 【0032】 図10は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0033】 図11は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

20 【0034】 図12Aは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。

【0035】 図12Bは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。

【0036】 図12Cは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。

25 【0037】 図13Aは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。



【0038】 図13Bは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。

【0039】 図13Cは、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの一例を模式的に示す平面図である。

5 【0040】 図14は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの断面構成を示す図である。

【0041】 図15は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの構成を説明するための図である。

10 【0042】 図16は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0043】 図17は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0044】 図18は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

15 【0045】 図19は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0046】 図20は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

20 【0047】 図21は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0048】 図22は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0049】 図23は、第3実施形態に係る放射線検出器の断面構成を示す図である。

25 【0050】 図24は、第4実施形態に係る放射線検出器の断面構成を示す図である。

【0051】 図25Aは、半導体チップを平コレットにより吸着した状態を模式的に示す図である。

【0052】 図25Bは、半導体チップを角錐コレットにより吸着した状態を模式的に示す図である。

5 【0053】 図26は、従来技術のホットダイオードアレイを示す斜視図である。

【0054】 図27は、図26におけるXXVII-XXVII方向の断面構成を示す模式図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

10 【0055】 以下、図面を参照しながら本発明によるホットダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

#### 【0056】 (第1実施形態)

15 図1は、本発明の実施形態に係るホットダイオードアレイ1の断面構成を示す図である。なお、以下の説明においては、光Lの入射面(図1の上面)を裏面、その反対面(図1の下面)を表面としている。以下の各図においては、図示の都合上、寸法が適宜変更されている。

20 【0057】 ホットダイオードアレイ1は、pn接合により形成される複数のホットダイオード4を有している。複数のホットダイオード4は、ホットダイオードアレイ1の表面側において、縦横に規則正しいアレイ状に2次元配列されている。各ホットダイオード4は、ホットダイオードアレイ1の一画素としての機能を有し、全体で一つの光感応領域を構成している。

25 【0058】 ホットダイオードアレイ1は、n型(第1導電型)シリコン基板3を備える。n型シリコン基板3の厚みは、30~300 $\mu$ m(好ましくは100 $\mu$ m)程度である。n型シリコン基板3における不純物濃度は、 $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ 程度である。n型シリコン基板3の表面側において、p型(第2導

電型) 不純物拡散層 5 が縦横に規則正しいアレイ状に 2 次元配列されている。p 型不純物拡散層 5 の厚みは、 $0.05 \sim 20 \mu\text{m}$  程度 (好ましくは  $0.2 \mu\text{m}$ ) である。p 型不純物拡散層 5 における不純物濃度は、 $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$  程度である。p 型不純物拡散層 5 と n 型シリコン基板 3 とにより形成される p n 接合が、ホトダイオード 4 を構成している。n 型シリコン基板 3 の表面には、シリコン酸化膜 22 が形成されている。このシリコン酸化膜 22 の上には、パッシベーション膜 2 が形成されている。パッシベーション膜 2 は、例えば SiN 等からなる。

【0059】 また、シリコン酸化膜 22 の上には、各 p 型不純物拡散層 5 (ホトダイオード 4) に対応して電極配線 9 が形成されている。各電極配線 9 はアルミニウムからなり、その厚みは、 $1 \mu\text{m}$  程度である。各電極配線 9 の一端は、シリコン酸化膜 22 に形成されたコンタクトホールを通して、対応する p 型不純物拡散層 5 に電氣的に接続されている。各電極配線 9 の他端は、パッシベーション膜 2 に形成されたコンタクトホールを通して、対応するアンダーバンプメタル (UBM) 11 に電氣的に接続されている。各 UBM 11 には、半田のバンプ電極 12 が形成されている。UBM 11 とバンプ電極 12 とは、電氣的に接続されている。

【0060】 UBM 11 は、半田との界面接合が強く、アルミニウムへの半田成分の拡散を防止できるものが好ましく、多層膜構造とすることが多い。この多層膜構造としては、無電解メッキによるニッケル (Ni) - 金 (Au) 等がある。この構造は、アルミニウムが露出している領域にニッケルのメッキを厚く ( $3 \sim 15 \mu\text{m}$ ) 形成し、その上に薄く ( $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ ) 金をメッキするものである。金は、ニッケルの酸化を防ぐためのものである。他には、チタン (Ti) - 白金 (Pt) - 金 (Au) やクロム (Cr) - 金 (Au) をリフトオフにより形成した構造もある。

【0061】 n 型シリコン基板 3 の裏面側には、高不純物濃度層としてのアキ

5 ュムレーション層 8 が設けられている。アキュムレーション層 8 は、裏面の略全体にわたって略均一な深さで形成されている。アキュムレーション層 8 は、n 型シリコン基板 3 と同じ導電型であり、n 型シリコン基板 3 よりも不純物濃度が高い。なお、本実施形態に係るホトダイオードアレイ 1 はアキュムレーション層 8 を有しているが、当該アキュムレーション層 8 を有していなくても、実用上十分に許容し得る程度の光検出感度を有している。

10 【0062】 アキュムレーション層 8 の上には、当該アキュムレーション層 8 を被覆して保護すると共に、光 L の反射を抑制する AR 膜 24 が形成されている。AR 膜 24 は、例えば  $\text{SiO}_2$  からなり、その厚みは 0.01 ~ 数  $\mu\text{m}$  程度である。なお、AR 膜 24 は、 $\text{SiO}_2$  の他に  $\text{SiN}$  や必要な波長において反射防止ができるような光学膜を積層あるいは複合して形成してもよい。

15 【0063】 n 型シリコン基板 3 の表面側において、各 p 型不純物拡散層 5 の存在する領域がホトダイオード 4 の形成されている領域（以下、「形成領域」と称する）で、それ以外の領域がホトダイオードの形成されない領域となっている。AR 膜 24 上には、各ホトダイオード 4 の形成領域に対応しない領域（以下、「非対応領域」と称する）に、突出部としてのスペーサ 6 が複数設けられている。スペーサ 6 は、所定の高さを有する。スペーサ 6 は、樹脂、金属又は絶縁材からなり、所定の平面パターンを呈している。スペーサ 6 は、n 型シリコン基板 3 の裏面における各ホトダイオード 4 の形成領域に対応する領域（以下、「対応領域」と称する）よりも適宜な高さ（厚さ）で突出している。

20 【0064】 n 型シリコン基板 3 における隣接する p 型不純物拡散層 5 同士の間、すなわち隣接するホトダイオード 4 同士の間には、 $\text{n}^+$  型不純物領域 7 が設けられている。 $\text{n}^+$  型不純物領域 7 の厚みは、0.1 ~ 数 10  $\mu\text{m}$  程度である。 $\text{n}^+$  型不純物領域 7 は、隣接するホトダイオード 4（p 型不純物拡散層 5）同士を電氣的に分離する分離層として機能する。これにより、隣接するホトダイオード 4 同士が確実に電氣的に分離され、ホトダイオード 4 間のクロストークを低減

することができる。なお、本実施形態におけるホトダイオードアレイ 1 は、 $n^+$  型不純物領域 7 を設けなくても、実用上十分に許容し得る程度の光検出特性を有している。

【0065】 ホトダイオードアレイ 1 は、図 2 に示されるように、極めて薄い板状である。ホトダイオードアレイ 1 の幅  $W_1$  は 22.4 mm 程度であり、ホトダイオードアレイ 1 の厚み  $D$  は約 0.3 mm である。ホトダイオードアレイ 1 は、上述したホトダイオード 4 を多数有し（例えば、256（ $16 \times 16$ ）個の 2 次元配列）している。隣接するホトダイオード 4（画素）間のピッチ  $W_2$  は、1.4 mm 程度である。ホトダイオードアレイ 1 は、大面積（例えば、22.4 mm  $\times$  22.4 mm）のチップである。なお、図 2 中の一番上の図はホトダイオードアレイ 1 の薄さを示すためのものであり、ホトダイオードアレイ 1 の細部は拡大図のみに描いている。

【0066】 ホトダイオードアレイ 1 では、裏面から光  $L$  が入射すると、入射した光  $L$  はアキュムレーション層 8 を通過して、 $p-n$  接合に到達する。そして、各ホトダイオード 4 は、その入射光に応じたキャリアを生成する。このとき、アキュムレーション層 8 は、 $n$  型シリコン基板 3 の内部の光入射面（裏面）近傍にて生成したキャリアが光入射面や AR 膜 24 との界面でトラップされるのを抑制する。これにより、キャリアが  $p-n$  接合へ効率的に移動して、ホトダイオードアレイ 1 の光検出感度が高まる。生成したキャリアによる光電流は、各  $p$  型不純物拡散層 5 に接続している電極配線 9 及び UBM 11 を通してバンプ電極 12 から取り出される。このバンプ電極 12 からの出力によって、入射光の検出が行われることとなる。

【0067】 以上のように、本実施形態においては、ホトダイオードアレイ 1 における光  $L$  の入射面側（すなわち裏面側）に、各ホトダイオード 4 の非対応領域に対応してスペーサ 6 がそれぞれ設けられている。各スペーサ 6 は、ホトダイオードアレイ 1 を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合

に平コレットに接触して、その平コレットと各ホットダイオード4の対応領域との間に隙間を確保するように機能する。これにより、各ホットダイオード4の対応領域は、各スペーサ6が存在することにより、平コレットに直接接触することはない。したがって、各ホットダイオード4の対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、当該対応領域のアキュムレーション層8に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはない。ホットダイオード4には、そのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流やノイズが発生することもない。この結果、ホットダイオードアレイ1は、高精度な（S/N比が高い）光検出を行うことができる。

【0068】 また、後述するように、フリップチップボンディング以外、例えばホットダイオードアレイ1をシンチレータに一体化してCT用センサとする場合にも、シンチレータが上記対応領域に直接接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージを回避することができる。

【0069】 スペーサ6は、フリップチップボンディングを行う際に平コレットに直に接触して、加圧され、加熱されるものである。したがって、スペーサ6は、この加圧や加熱から各ホットダイオード4の対応領域を保護し得る材料からなることが好ましい。例えば、スペーサ6を樹脂で形成する場合には、熱膨張係数、可撓性、弾性特性、或いは加熱により不純物イオンが各ホットダイオード4へ拡散しないなどの条件を考慮すると、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、フッ素樹脂或いはこれらの複合材料を用いることが好ましい。スペーサ6の厚みは、2～30 $\mu$ m（より好ましくは5～6 $\mu$ m）程度がよい。上述した樹脂によりスペーサ6を構成すると、ホットダイオードアレイ1を実装する際の表面保護効果が高くなる。更には、スペーサ6がホットダイオード4の電気的特性に影響を与えることがなく、製造方法も簡単である。特に、ポリイミド樹脂は耐熱性が良好であるため、実装する際に平コレットから受け得る熱を効果的に遮断することができ、好適である。また、スペーサ6を構成

する樹脂にフィラーを添加し、スペーサ 6 に遮光性を持たせてもよい。

【0070】 スペーサ 6 の材料として、金属を用いてもよい。この場合、遮光性を有する金属が好ましく、例えば、Al (アルミニウム)、Au (金)、Ni (ニッケル)、Cr (クロム)、Ti、シリサイド系等を用いることができる。また、  
5 スペーサ 6 をこれらの金属を互いに積層して構成してもよい。上述した金属によりスペーサ 6 を構成すると、スペーサ 6 が画素間に入射する光を遮断するために、ホットダイオードアレイ 1 の解像度を向上することができる。また、放熱特性が高くなることから、熱による雑音や誤動作を抑制することも可能となる。その効果はスペーサ 6 のパターン形状(詳しくは後述する)によっては著しいものとなる。  
10 また、例えば、スペーサ 6 を Al と Ni めっきとの積層膜とした場合は、前者の膜厚を 1  $\mu$ m 程度、後者の膜厚を 5  $\mu$ m 程度とするのが好適である。

【0071】 さらに、スペーサ 6 は絶縁材を用いてもよい。この場合、スペーサ 6 の材料として、ガラス (SiO<sub>2</sub>)、SiN、低融点ガラス等を用いることができる。

【0072】 ホットダイオードアレイ 1 の平面図を想定すると、スペーサ 6 はホットダイオードアレイ 1 の表面上に所定のパターンを形成する。以下、スペーサ 6 のパターンを「平面パターン」と称する。スペーサ 6 を上記非対応領域に設ける場合、その平面パターン 6 a としては、種々のものが考えられ、例えば、図 12 A ~ 12 C 及び図 13 A ~ 13 C に示される平面パターン 6 a が考えられる。

【0073】 図 12 A に示された平面パターン 6 a では、スペーサ 6 は格子状に形成されており、この格子状のスペーサ 6 が配置されている。図 12 B に示された平面パターン 6 b では、各スペーサ 6 は短い壁状に形成されており、これらの短い壁状スペーサ 6 が各ホットダイオード 4 の非対応領域における辻部 13 b 以外の位置に所定間隔で断続的に配置されている。図 12 C に示された平面パターン 6 c では、各スペーサ 6 は十字状に形成されており、これらの十字状のスペーサ 6 が各辻部 13 b に配置されている。  
25

【0074】 図12A～12Cに示された平面パターン6a～6cは、いずれも複数のスペーサ6を規則的に配置したパターンである。平面パターンは、これに限られることなく、不規則なパターンであってもよい。不規則なパターンは、例えば、短い壁状のスペーサ6や十字状のスペーサ6の配置間隔を不規則に設定することにより得ることができる。

【0075】 図12A～12Cに示された平面パターン6a～6cでは、ホトダイオードアレイ1の表面には、各スペーサ6によって仕切られた画素領域17が複数形成される。この場合、隣接する画素領域17はスペーサ6により完全に仕切られることなく連通している方がよい。したがって、図12B及び12Cに示された平面パターン6b、6cのように、スペーサ6を断続的に配置することが好ましい。

【0076】 図13Aに示された平面パターン6dでは、スペーサ6は枠状に形成されており、この枠状のスペーサ6はホトダイオードアレイ1の縁に配置されている。ホトダイオード4の対応領域は枠状のスペーサ6により囲まれており、隣接する画素領域17が連通することとなる。図13Bに示された平面パターン6eでは、各スペーサ6は連続した壁状に形成されており、これらの壁状のスペーサ6がホトダイオードアレイ1の縁に配置されている。平面パターン6d、6eでは、画素領域17が互いにスペーサ6により仕切られることはない。

【0077】 上述のように、隣接する画素領域17が互いに仕切られることなく連通するような平面パターン6b、6c、6d、6eでは、隣接するスペーサ6同士の隙間が樹脂（例えば、後述のシンチレータパネル31を接着する際に用いる光学樹脂35）の逃げ道として機能する。したがって、ホトダイオードアレイ1の裏面に樹脂を塗布したときに、画素領域17内にボイド（気泡）が発生し難くなり（ボイドが少なくなる）、その塗布した樹脂を各画素領域17に偏りなく行き渡らせて均一に充填することができる。

【0078】 図13Cに示された平面パターン6fでは、格子状とされたスペーサ6が形成されている。



ーサ 6 と枠状のスペーサ 6 とが連続して形成されており、各画素領域 17 がスペーサ 6 により仕切られている。平面パターン 6 f によれば、スペーサ 6 が遮光性を有している場合、各画素領域 17 がすべてスペーサ 6 により均一に仕切られていることから、ホトダイオードアレイ 1 の解像度を向上させることができる。

5 【0079】 次に、本実施形態に係るホトダイオードアレイ 1 の製造方法について、図 3～図 11 に基づいて説明する。

【0080】 まず、図 3 に示されるように、 $150 \sim 500 \mu\text{m}$ （好ましくは  $350 \mu\text{m}$ ）程度の厚さを有する n 型シリコン基板 3 を準備する。次に、n 型シリコン基板 3 の表面および裏面に、シリコン酸化膜 ( $\text{SiO}_2$ ) 20 を形成する  
10 (図 4 参照)。

【0081】 次に、n 型シリコン基板 3 の表面に形成されたシリコン酸化膜 20 に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、n<sup>+</sup>型不純物領域 7 を形成する予定位置に開口を形成する。そして、シリコン酸化膜 20 に形成された開口からリンをドーブして n 型シリコン基板 3 に n<sup>+</sup>型不純物領域 7 を設ける。本実施形態では、n 型シリコン基板 3 の裏面側にも n<sup>+</sup>型不純物領域 7 を形成している。  
15 n<sup>+</sup>型不純物領域 7 を設けない場合はこの工程（不純物領域形成工程）を省略してもよい。続いて、n 型シリコン基板 3 の表面および裏面にシリコン酸化膜 21 を再び形成する(図 5 参照)。このシリコン酸化膜 21 は後続の工程において、p 型不純物拡散層 5 を形成する際のマスクとして利用される。

20 【0082】 次に、n 型シリコン基板 3 の表面に形成されたシリコン酸化膜 21 に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、各 p 型不純物拡散層 5 を形成する予定位置に開口を形成する。シリコン酸化膜 21 に形成された開口からボロンをドーブし、p 型不純物拡散層 5 を縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成する。これにより、各 p 型不純物拡散層 5 と n 型シリコン基板 3 の p n 接合による  
25 ホトダイオード 4 が縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成されることとなる。このホトダイオード 4 は、画素に対応する部分となる。続いて、基板の表面側にシリ

コン酸化膜 22 を再び形成する (図 6 参照)。

【0083】 次に、n 型シリコン基板 3 の裏面を、その厚さが所定の厚さ (30 ~ 300  $\mu\text{m}$  程度) になるまで研磨して、n 型シリコン基板 3 の薄型 (薄板) 化する。そして、n 型イオン種 (例えば、リンや砒素) を n 型シリコン基板 3 の裏面から 0.05 ~ 数 10  $\mu\text{m}$  程度の深さまで拡散させて、n 型シリコン基板 3 よりも不純物濃度が高い上述のアキュムレーション層 8 を形成する。さらに、熱酸化を行い、アキュムレーション層 8 の上に AR 膜 24 を形成する (図 7 参照)。

【0084】 次に、各ホットダイオード 4 の形成領域に、ホットエッチング技術により、各 p 型不純物拡散層 5 まで伸びるコンタクトホールをシリコン酸化膜 22 に形成する。続いて、アルミニウム金属膜をシリコン酸化膜 22 の上に蒸着により形成した後、所定のホットマスクを用いてパターニングを行うことで、電極配線 9 を形成する (図 8 参照)。

【0085】 次に、AR 膜 24 の上にスペーサ 6 を設ける (図 9 参照)。

【0086】 図 9 に示されるように、スペーサ 6 を樹脂で設ける場合は次のようにする。まず、スペーサ 6 の材料となる樹脂 (スペーサ樹脂) を AR 膜 24 の上に塗布し、塗布した樹脂をスピンコーティングやスクリーン印刷法により全体に広げて硬化させる。その後、感光性樹脂 (ホットレジスト) を塗布し、所定のホットマスクを用いて露光および現像を行いスペーサ 6 に対応させたレジストパターンを形成する。形成したレジストパターンをマスクにしてスペーサ樹脂を所定の領域に残すことで、スペーサ 6 を所定の平面パターンで設ける。あるいは、スペーサ 6 の樹脂が感光性のものである場合は、直接、所定のホットマスクを用いて露光および現像して適宜キュアを行うことで得ることができる。このスペーサ 6 を設けることにより、平コレットを用いて実装する際に、当該平コレットにホットダイオード 4 の対応領域が直接接触せず、保護されることとなる。

【0087】 また、スペーサ 6 を金属で形成する場合は、スペーサ 6 の材料となる金属の被膜を、蒸着、スパッタリング、CVD 等の手法で形成した上で、上

述したように形成されたレジストパターンをマスクにして所定の領域にのみ被膜を残して、所定の平面パターンでスペーサ 6 を設ければよい。この場合、その被膜の膜厚をめっきにより厚くしてもよい。

【0088】 スペーサ 6 を形成した後、電極配線 9 を覆うように、シリコン酸化膜 22 の上にパッシベーション膜 2 となる SiN 膜 25 を形成する。SiN 膜 25 は、スパッタリングやプラズマ CVD などにより形成することができる。パッシベーション膜 2 は、SiO<sub>2</sub> や PSG, BPSG などの絶縁膜、ポリイミド樹脂、アクリレート樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂やそれらの複合膜や積層膜などであってもよい。なお、パッシベーション膜 2 の形成工程はスペーサ 6 の形成する前に行ってもよい。

【0089】 次に、SiN 膜 25 の所定の位置にコンタクトホールを形成し、電極取り出し部とする（図 10 参照）。さらに、バンプ電極 12 を設けるが、そのバンプ電極 12 として半田を用いる場合、半田はアルミニウムに対する濡れ性が悪いので各電極取り出し部とバンプ電極 12 を仲介するための UBM 11 を各電極取り出し部に形成する。そして、UBM 11 に重ねてバンプ電極 12 を形成する（図 11 参照）。

【0090】 以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズが発生せず、高精度な光検出を行えるホトダイオードアレイ 1 を製造することができる。

【0091】 バンプ電極 12 は、半田ボール搭載法や印刷法で所定の UBM 11 に半田を形成し、リフロすることによって形成することができる。なお、バンプ電極 12 は、半田に限られるものではなく、金バンプ、ニッケルバンプ、銅バンプでもよく、導電性フィラー等の金属を含む導電性樹脂バンプでもよい。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極同様に、n<sup>+</sup>型不純物領域 7 から取り出すことができる（図示せず）。また、図ではアノード電極のバンプ電極 12 が n<sup>+</sup>型不純物領域 7 のエリアに形

成された場合を示しているが、アノード電極のバンプ電極 12 は、p 型不純物拡散層 5 のエリアに形成してもよい。

【0092】 (第2実施形態)

次に、ホットダイオードアレイとその製造方法の第2実施形態について説明する。

5 【0093】 本実施形態では、図14に示すように、光Lの入射面の反対面側(表面側)に窪み部45が形成されたn型シリコン基板43を有するホットダイオードアレイ41を対象としている。なお、このホットダイオードアレイ41は、ホットダイオードアレイ1と共通部分を有するので、以下の説明は双方の相違点を中心に行い、共通部分については、その説明を省略ないし簡略化する。

10 【0094】 ホットダイオードアレイ41では、n型シリコン基板43の表面側に、窪み部45が、縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列で複数形成されている。各窪み部45は、n型シリコン基板43の所定の領域をその周囲の領域よりも薄くなるように窪ませて形成したもので、1.4～1.5mm程度の配置間隔で形成されている。窪み部45の底部45aに上述のホットダイオード4が一つづつ形成されることによって、ホットダイオード4がアレイ状に2次元配列されたホットダイオードアレイ41を構成している。

15 【0095】 各窪み部45は、n型シリコン基板43の表面に、例えば1mm×1mm程度の大きさの矩形状開口を有し、その開口からその底部45aに向かい(表面側から裏面側に向かって)開口寸法が漸次縮小するように形成されている。これにより、窪み部45は、斜面の側面45bを有することとなる。n型シリコン基板43の表面から底部45aまでの深さは、例えば50μm程度である。

20 【0096】 電極配線9は、側面45bに沿って、シリコン酸化膜22の上に形成されている。各電極配線9の一端は、シリコン酸化膜22に形成されたコンタクトホールを通して、対応するp型不純物拡散層5に電氣的に接続されている。各電極配線9の他端は、パッシベーション膜2に形成されたコンタクトホールを通して、対応するUBM11に電氣的に接続されている。隣接ホットダイオード4

の間に、 $n^+$ 型不純物領域7が設けられている。

【0097】  $n$ 型シリコン基板3の裏面側全体には、アキュムレーション層8が形成されている。アキュムレーション層8の上には、AR膜24が形成されている。このアキュムレーション層8、AR膜24ともに、上述したホットダイオードアレイ1と同様である。そして、AR膜24上の各ホットダイオード4の非対応領域に、上述のスペーサ6が設けられている。このスペーサ6も上述したホットダイオードアレイ1と同様である。

【0098】 ホットダイオードアレイ41は、図15に示されるように、極めて薄い板状である。ホットダイオードアレイ41の幅 $W1$ は22.4mm程度であり、ホットダイオードアレイ41の厚み $D$ は150～300 $\mu m$ である。ホットダイオードアレイ41は、上述のホットダイオード4を多数有する（例えば、256（16×16）個の2次元配列）。隣接するホットダイオード4間のピッチ $W2$ は、1.4mm程度である。ホットダイオードアレイ41は、大面積（例えば、22.4mm×22.4mm）のチップである。なお、図15中の一番上の図はホットダイオードアレイ41の薄さを示すためのものであり、ホットダイオードアレイ41の細部は拡大図のみに描いている。

【0099】 以上のように構成されたホットダイオードアレイ41は、裏面から光 $L$ が入射すると、ホットダイオードアレイ1と同様に、入射した光 $L$ はアキュムレーション層8を通過して、 $pn$ 接合に到達する。そして、各ホットダイオード4は、その入射光に応じたキャリアを生成する。このとき、 $pn$ 接合が窪み部45の底部45aに設けられているので $n$ 型シリコン基板43の裏面から $pn$ 接合までの距離が短縮されている（例えば、10～100 $\mu m$ 程度）。したがって、ホットダイオードアレイ41では、光 $L$ の入射により発生するキャリアが移動する過程で、再結合により消滅してしまう事態が抑制される。この結果、ホットダイオードアレイ41は、検出感度を高く維持できる。

【0100】 また、アキュムレーション層8により、 $n$ 型シリコン基板3の内

部の光入射面（裏面）近傍にて生成したキャリアが再結合することなく p n 接合へ効率的に移動することとなる。これにより、ホットダイオードアレイ 4 1 は、光検出感度が一層高くなっている（ただし、本実施形態のホットダイオードアレイ 4 1 は、アキュムレーション層 8 を設けていなくても、実用上十分に許容しえる程度の検出感度を有している）。

【0101】 生成したキャリアによる光電流は、各 p 型不純物拡散層 5 に接続している電極配線 9 及び UBM 11 を通してパンプ電極 12 から取り出される。このパンプ電極 12 からの出力によって、入射光の検出が行われることとなる。この点については、ホットダイオードアレイ 1 と同様である。

【0102】 以上のように、本実施形態のホットダイオードアレイ 4 1 も、ホットダイオードアレイ 1 と同様に、各ホットダイオード 4 の非対応領域に対応してスペーサ 6 がそれぞれ設けられている。ホットダイオードアレイ 4 1 を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合、各ホットダイオード 4 の対応領域がスペーサ 6 により保護され、平コレットに直接接触することはない。

したがって、各ホットダイオード 4 の対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、当該対応領域におけるアキュムレーション層 8 に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはない。ホットダイオード 4 には、そのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流やノイズが発生することもない。この結果、ホットダイオードアレイ 4 1 は、高精度な（S/N 比が高い）光検出を行うことができる。

【0103】 また、後述するように、フリップチップボンディング以外、例えばホットダイオードアレイ 4 1 をシンチレータに一体化して CT 用センサとする場合にも、シンチレータが上記対応領域に直接接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージを回避することができる。

【0104】 次に、本実施形態に係るホットダイオードアレイ 4 1 の製造方法について、図 3～図 6、図 16～図 22 に基づいて説明する。

【0105】 まず、ホットダイオードアレイ 1 と同様に、図 3～図 6 を用いて説明した各工程を実行する。次に、n 型シリコン基板 3 の裏面を当該 n 型シリコン基板 3 の厚さが所定の厚さになるまで研磨して、n 型シリコン基板 3 の薄型（薄板）化を行う。続いて、n 型シリコン基板 3 の表面および裏面に、LP-CVD（またはプラズマ CVD）によりシリコン窒化膜（SiN）26 を形成し、さらに続いて表面側のシリコン酸化膜 22 とシリコン窒化膜 26 に、所定のホットマスクを用いてパターニングを行い、各窪み部 45 を形成する予定位置に開口を形成する（図 16 参照）。

【0106】 次に、n 型シリコン基板 3 の表面に、その各 p 型不純物拡散層 5 が形成されている領域を対象として、p 型不純物拡散層 5 の枠状周辺部 5a が残るように、p 型不純物拡散層 5 及び n 型シリコン基板 3 をアルカリエッチングにより除去して窪み部 45 を形成する。これにより、n 型シリコン基板 43 が得られることとなる。このとき、窪み部 45 の開口縁部に、p 型不純物の拡散した領域として枠状周辺部 5a が形成される。窪み部 45 は、側面 45b と底部 45a とを有することとなる。枠状周辺部 5a は必ずしも必要ではない。枠状周辺部 5a を形成した場合、窪み部 45 を形成するためのエッチングにより形成されたエッジ部分でのダメージによる雑音や暗電流を防止する効果が得られる。図 14、15、24 では、枠状周辺部 5a を形成しない例が示されている。

【0107】 次いで、形成された各窪み部 45 の底部 45a にボロン等をドーブする。これにより、各窪み部 45 の底部 45a に p 型不純物拡散層 5b が形成されることとなり、その p 型不純物拡散層 5b と n 型シリコン基板 43 の pn 接合によるホットダイオード 4 が縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成される。続いて、表面に形成されたシリコン窒化膜 26 にて被覆されていない領域の上に、シリコン酸化膜 22 を形成する（図 17 参照）。なお、このとき、図示はしないが裏面に形成されたシリコン窒化膜 26 の上にもシリコン酸化膜が形成される。

【0108】 次に、n 型シリコン基板 43 の裏面に形成されたシリコン窒化膜

26を除去した後、n型イオン種（例えば、リンや砒素）のイオン注入などにより、n型シリコン基板43よりも不純物濃度が高いアキュムレーション層8を形成する。さらに、熱酸化を行い、アキュムレーション層8の上にAR膜24を形成する。その後、n型シリコン基板43の表面に形成されたシリコン窒化膜26を除去する（図18参照）。

【0109】そして、各ホットダイオード4の形成領域において、ホットエッチング技術により、各p型不純物拡散層5bまで伸びるコンタクトホールを表面側のシリコン酸化膜22に形成する。続いて、アルミニウム金属膜をシリコン酸化膜22の上に蒸着により形成した後に所定のホトマスクを用いてパターンニングを行うことで、電極配線9を形成する（図19参照）。

【0110】次に、第1の実施形態と同じ要領で、AR膜24の上にスペーサ6を設ける（図20参照）。

【0111】スペーサ6を形成した後、電極配線9を覆うように、シリコン酸化膜22の上にパッシベーション膜2となるSiN膜25を形成する。SiN膜25は、スパッタリングやプラズマCVDなどにより形成することができる。続いて、SiN膜25の各電極配線9に対応する位置にコンタクトホールを形成する（図21参照）。続いて、第1の実施形態と同様の要領で、コンタクトホールを通して電極配線9と電氣的に接続するUBM11を無電解メッキ等により形成する。そして、UBM11に重ねてバンプ電極12を形成する（図22参照）。

【0112】以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズや暗電流が発生せず、高精度な光検出を行えるホットダイオードアレイ41を製造することができる。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極と同様に、n<sup>+</sup>型不純物領域7から取り出すことができる（図示せず）。

【0113】（第3実施形態）

次に、第3実施形態に係る放射線検出器について説明する。



【0114】 図23は、本実施形態に係る放射線検出器50の断面構成を示す図である。この放射線検出器50は、放射線の入射により発光するシンチレータパネル31と、上述のホトダイオードアレイ1とを備えている。シンチレータパネル31は、入射した放射線によって生じた光を光出射面31aから出射する。

5 シンチレータパネル31は、ホトダイオードアレイ1の光入射面、すなわちホトダイオードアレイ1におけるスペーサ6が設けられた面に対向して配置されている。ホトダイオードアレイ1は、シンチレータパネル31の光出射面31aから出射した光が光入射面から入射すると、入射した光を電気信号に変換する。

【0115】 シンチレータパネル31は、ホトダイオードアレイ1の裏面側（入射面側）に取り付けられる。ホトダイオードアレイ1には、上述したスペーサ6が設けられているので、シンチレータパネル31の裏面、すなわち、光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接触することはない。スペーサ6により形成されるシンチレータパネル31の光出射面31aとホトダイオードアレイ1との間の空間には、光が十分透過するように設定された屈折率を有する光学樹脂35が充填されている。この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射した光が効率よくホトダイオードアレイ1に入射する。この光学樹脂35は、シンチレータパネル31から出射した光を透過する性質を有するエポキシ樹脂や、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂等を用いることができるが、これらの複合材料を用いてもよい。

15

【0116】 そして、ホトダイオードアレイ1を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には、平コレットでホトダイオードアレイ1を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ1には、上述したスペーサ6が設けられているため、平コレットの吸着面が各ホトダイオード4の対応領域に直接接触することはない。また、シンチレータパネル31を取り付けたときに、その光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接触することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ1とシンチレータパネル31とを有する放射線検出器50は、

20

25

実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を防止することができる。この結果、放射線検出器 50 によれば、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度よく行うことができる。

【0117】 (第4実施形態)

5 次に、第4実施形態に係る放射線検出器について説明する。

【0118】 図24は、本実施形態に係る放射線検出器 55 の断面構成を示す図である。この放射線検出器 55 は、シンチレータパネル 31 と、上述のホトダイオードアレイ 41 とを備えている。シンチレータパネル 31 は、ホトダイオードアレイ 41 の光入射面、すなわちホトダイオードアレイ 41 におけるスペーサ 6 が設けられた面に対向して配置されている。

【0119】 シンチレータパネル 31 はホトダイオードアレイ 41 の裏面側(入射面側)に取り付けられる。ホトダイオードアレイ 41 には、上述したスペーサ 6 が設けられているので、シンチレータパネル 31 の裏面、すなわち、光出射面 31a がホトダイオード 4 の対応領域に直接接触することはない。また、スペーサ 6 により形成されるシンチレータパネル 31 の光出射面 31a とホトダイオードアレイ 1 との間の空間には、光学樹脂 35 が充填されている。この光学樹脂 35 により、シンチレータパネル 31 から出射した光が効率よくホトダイオードアレイ 41 に入射する。

【0120】 そして、ホトダイオードアレイ 41 を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には、平コレットでホトダイオードアレイ 41 を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ 41 には、上述したスペーサ 6 が設けられているため、平コレットの吸着面が各ホトダイオード 4 の対応領域に直接接触することはない。また、シンチレータパネル 31 を取り付けたときに、その光出射面 31a がホトダイオード 4 の対応領域に直接接触することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ 41 とシンチレータパネル 31 とを有する放射線検出器 55 は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生

を防止することができる。この結果、放射線検出器 5 5 によれば、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度よく行うことができる。

【0 1 2 1】 以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、スペーサ 6 は、n 型シリコン基板 3, 4 3 の上に直接設けるようにしてもよく、A R 膜 2 4 等の構造体を介して設けるようにしてもよい。

#### 産業上の利用可能性

【0 1 2 2】 本発明は、X 線断層像撮像装置、放射線像撮像装置に利用できる。

## 請求の範囲

1. 半導体基板を備え、

前記半導体基板における被検出光の入射面の反対面側に、複数のホトダイオードがアレイ状に形成されており、

5 前記半導体基板の被検出光の前記入射面側における前記ホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部が設けられていることを特徴とするホトダイオードアレイ。

2. 前記半導体基板における被検出光の前記入射面の前記反対面側には、所定の深さを有する窪み部がアレイ状に複数形成されており、

10 前記各ホトダイオードは、前記窪み部の底部にそれぞれ形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のホトダイオードアレイ。

3. 前記突出部は、遮光性を有する樹脂又は金属からなることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載のホトダイオードアレイ。

4. 前記突出部は、複数設けられており、

15 前記各突出部は、所定の間隔を有するように断続的に配置されていることを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイ。

5. 前記半導体基板には、隣接する前記各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイ。

20

6. 前記半導体基板の被検出光の前記入射面側には、当該半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項～第5項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイ。

7. 第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、

25 前記半導体基板の一方の面側に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と前記半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードを

アレイ状に配列して形成する工程と、

前記半導体基板の他方の面において、前記ホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部を設ける工程と、を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

5           8.    第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、

前記半導体基板の一方の面側に、窪み部をアレイ状に配列して複数形成する工程と、

10           前記窪み部の底部に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と前記半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、

前記半導体基板の他方の面において、前記ホトダイオードが形成された領域に対応しない領域に、所定の高さを有する突出部を設ける工程と、を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

15           9.    前記突出部を設ける前記工程の前に、前記半導体基板の前記他方の面に、第1導電型の高不純物濃度層を形成する工程を更に備えることを特徴とする請求の範囲第7項又は第8項に記載のホトダイオードアレイの製造方法。

          10.   隣接する前記不純物拡散層の間に第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に備えることを特徴とする請求の範囲第7項～第9項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイの製造方法。

20           11.   請求の範囲第1項～第6項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイと、

前記ホトダイオードアレイにおける被検出光の前記入射面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする放射線検出器。

25           12.   請求の範囲第7項～第10項のいずれか一項に記載の製造方法により製造されたホトダイオードアレイと、

前記ホトダイオードアレイにおける前記突出部が設けられた面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする放射線検出器。

図1

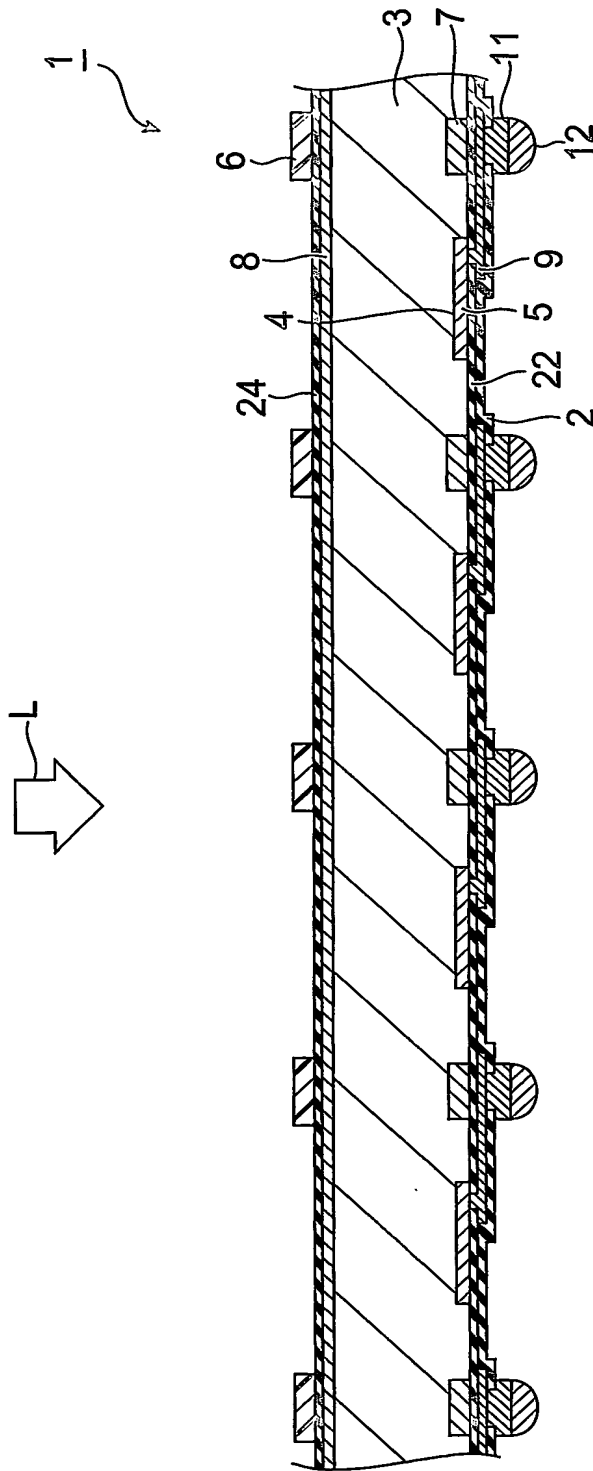


FIG. 2

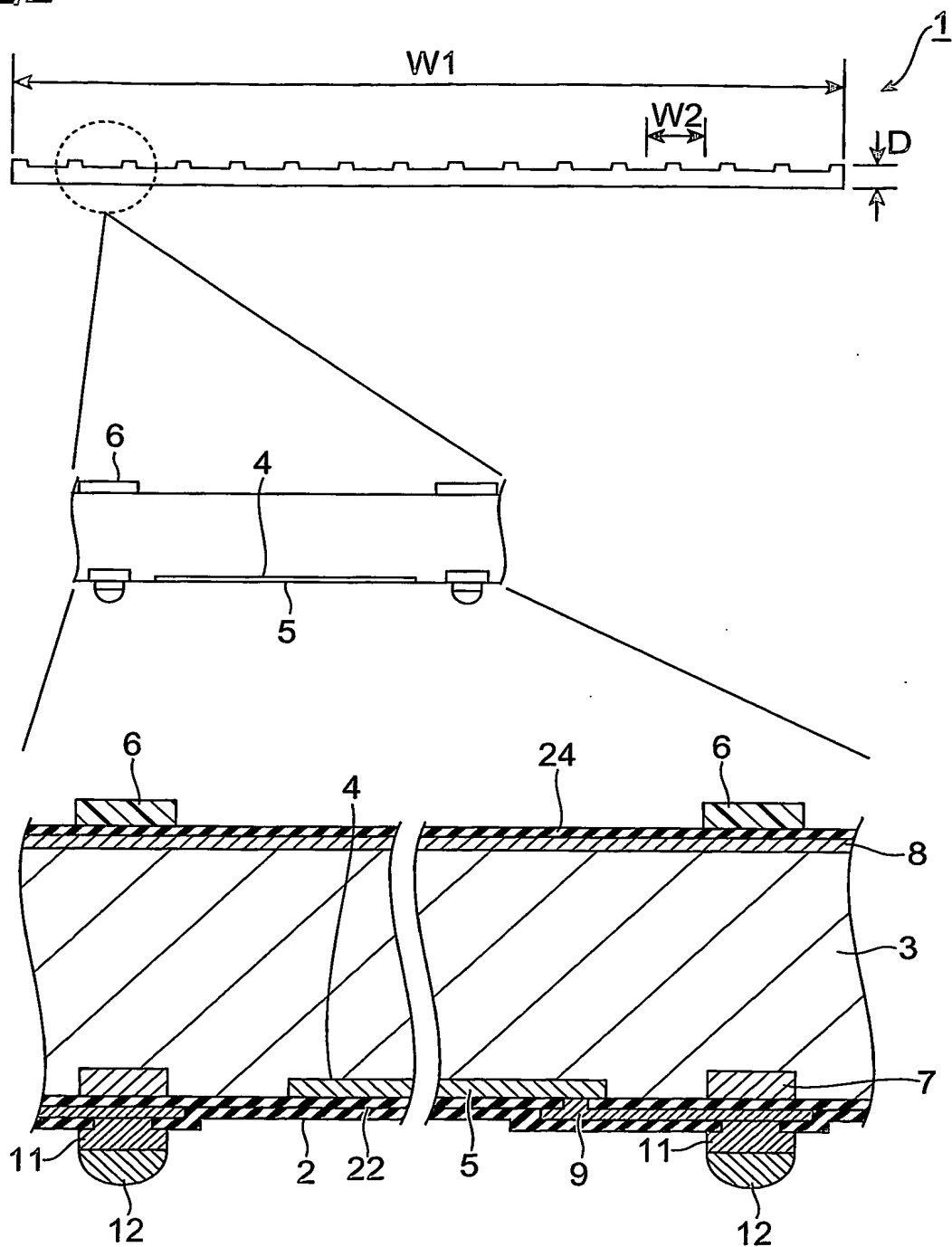




図3

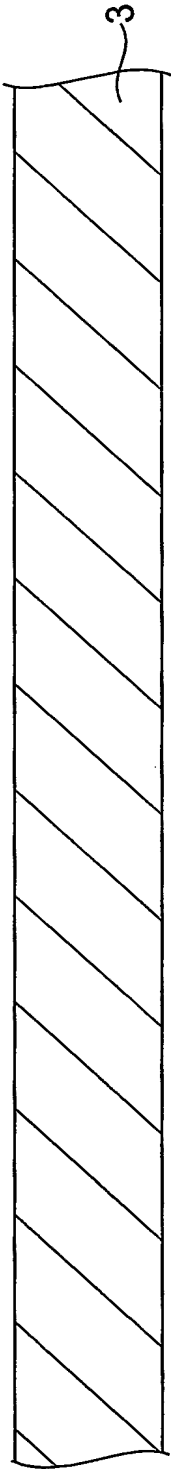


図4

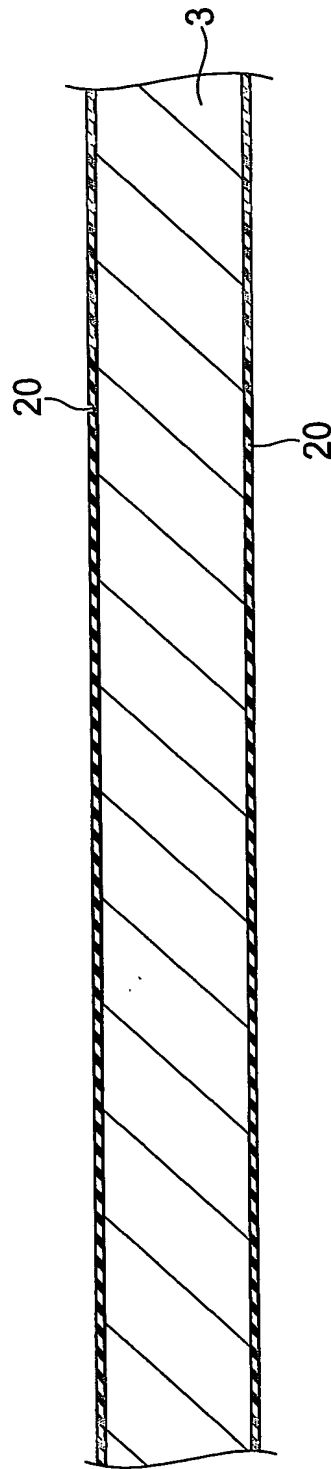


図5

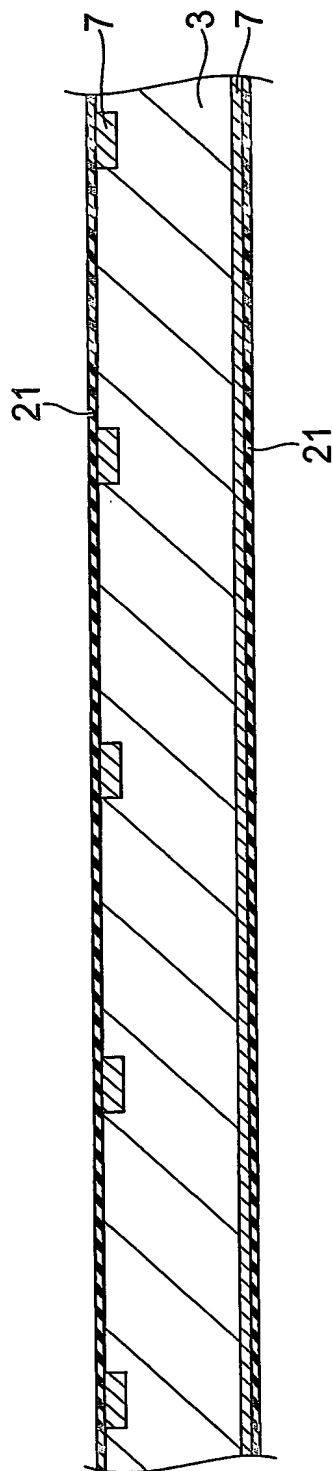


図6

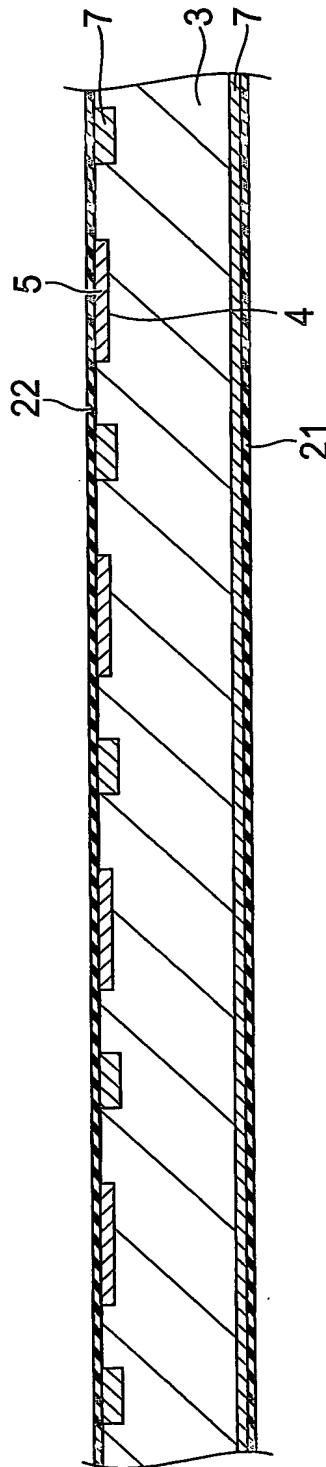


図7

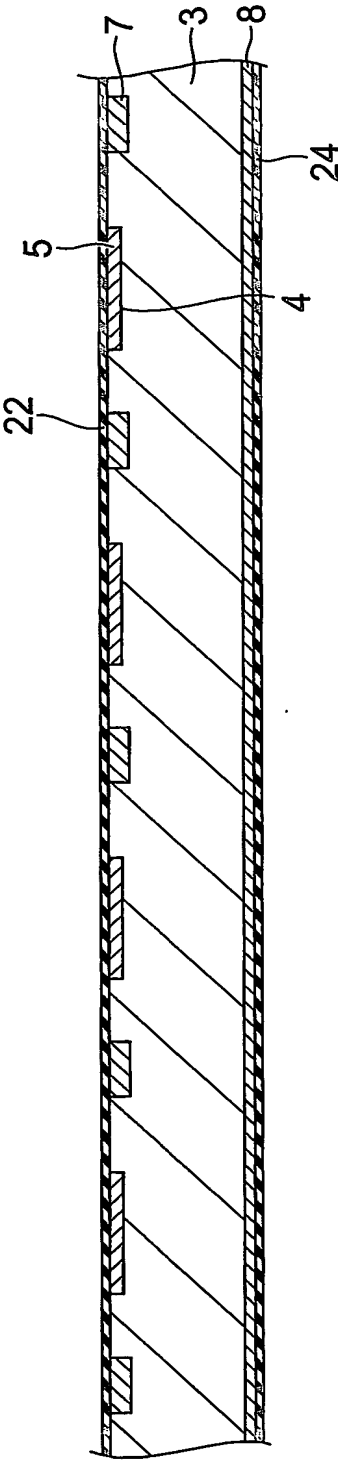


図8

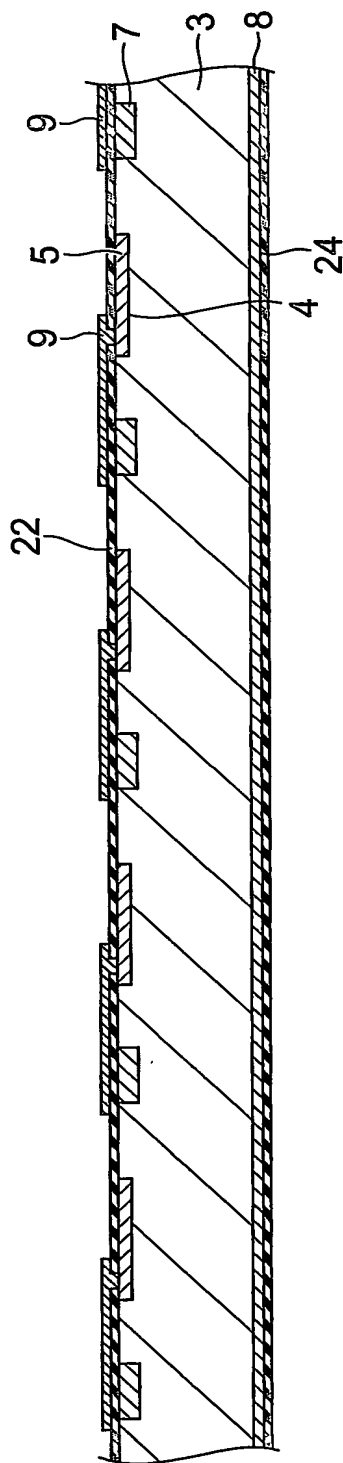


図9

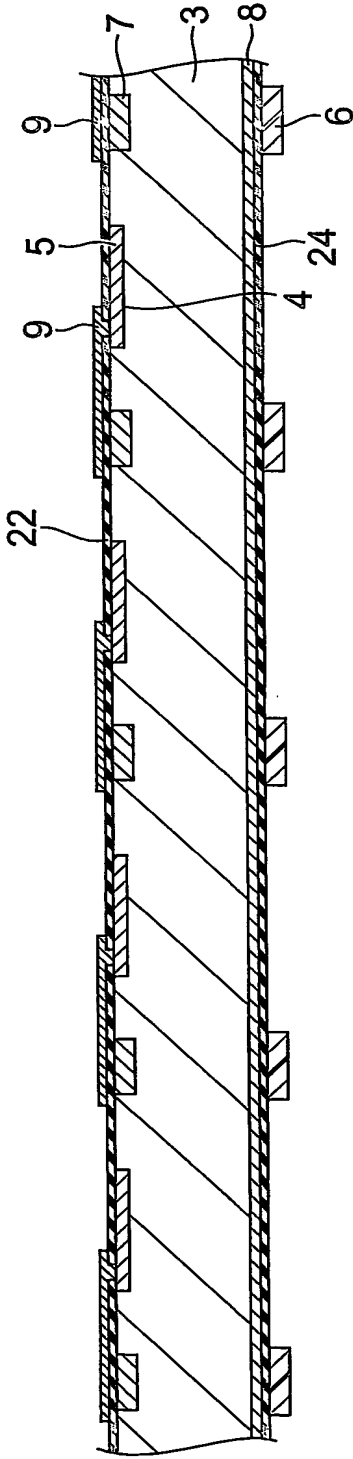


図10

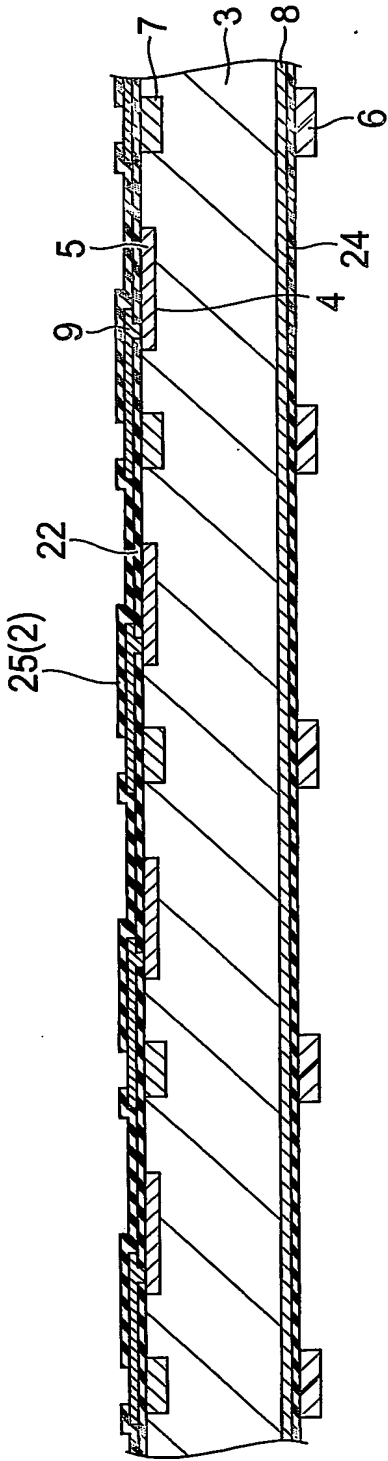




図11

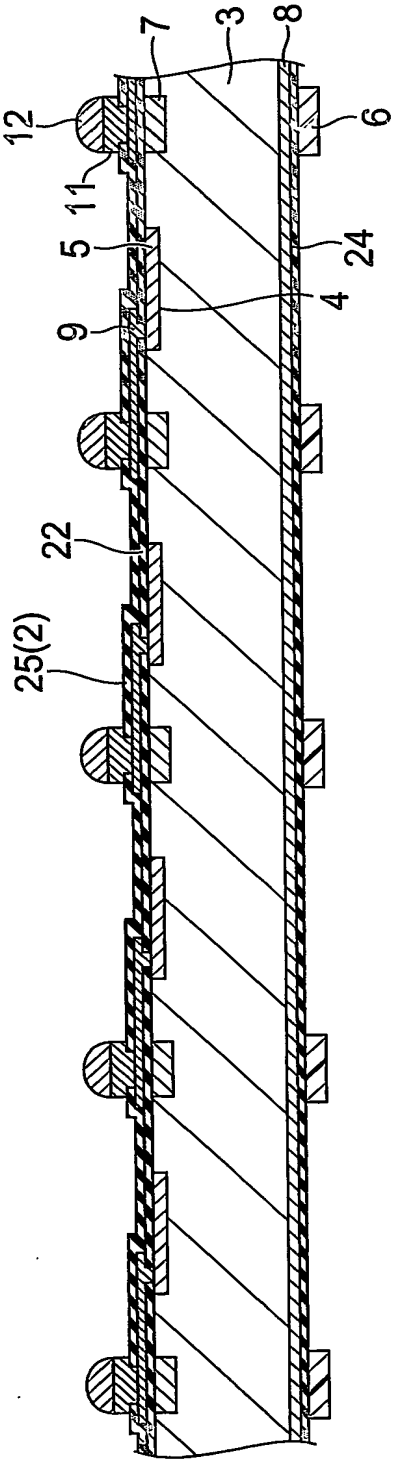


図12A

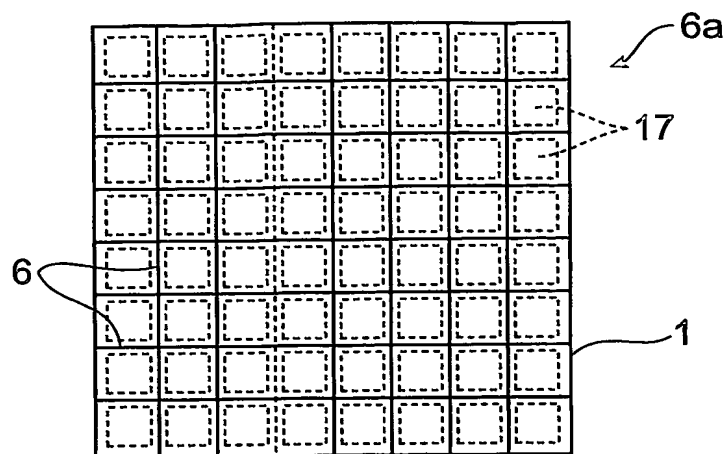


図12B

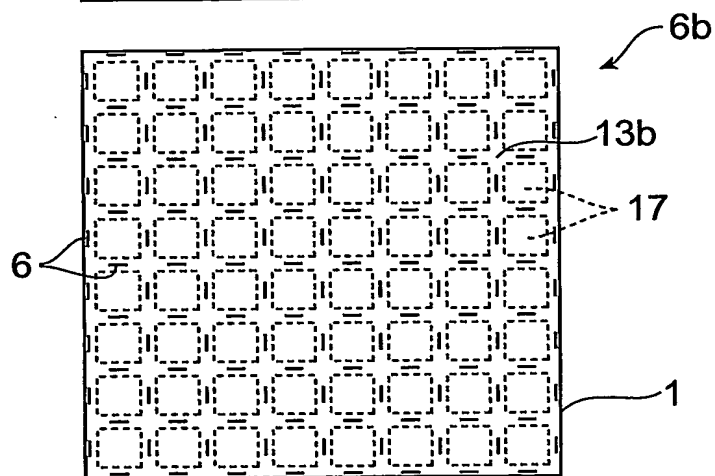


図12C

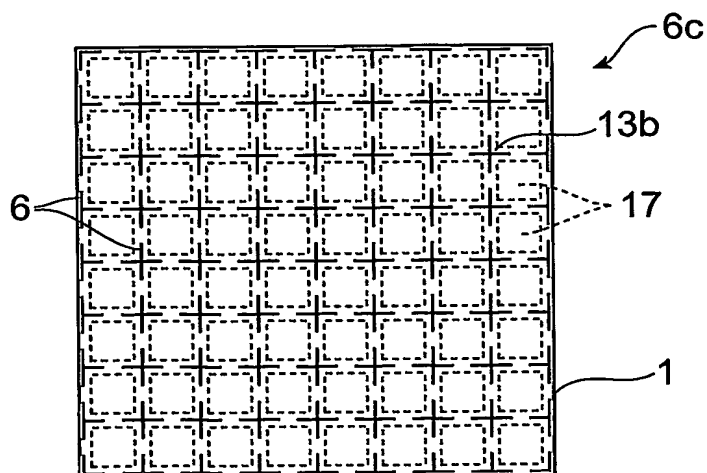


図13A

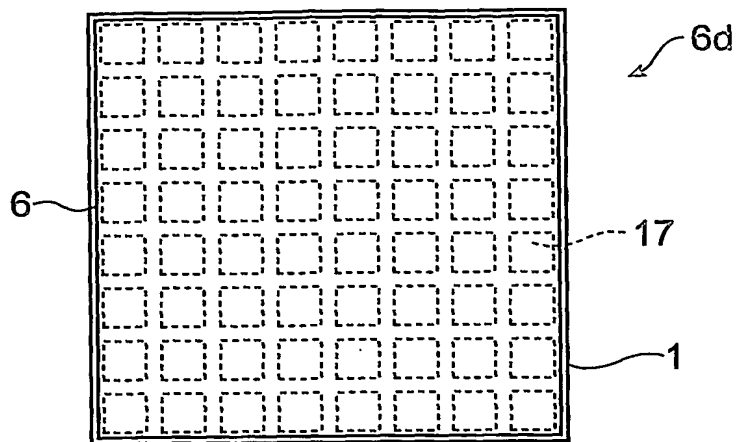


図13B

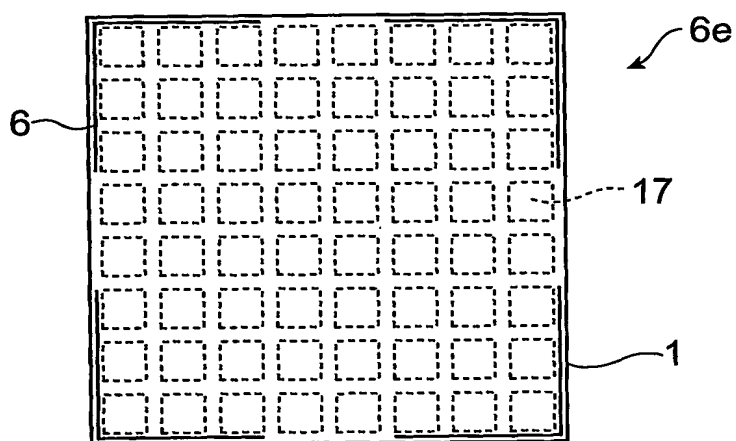


図13C

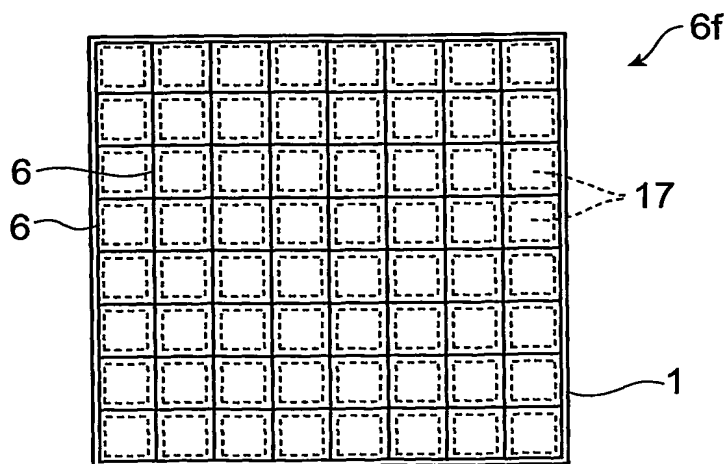
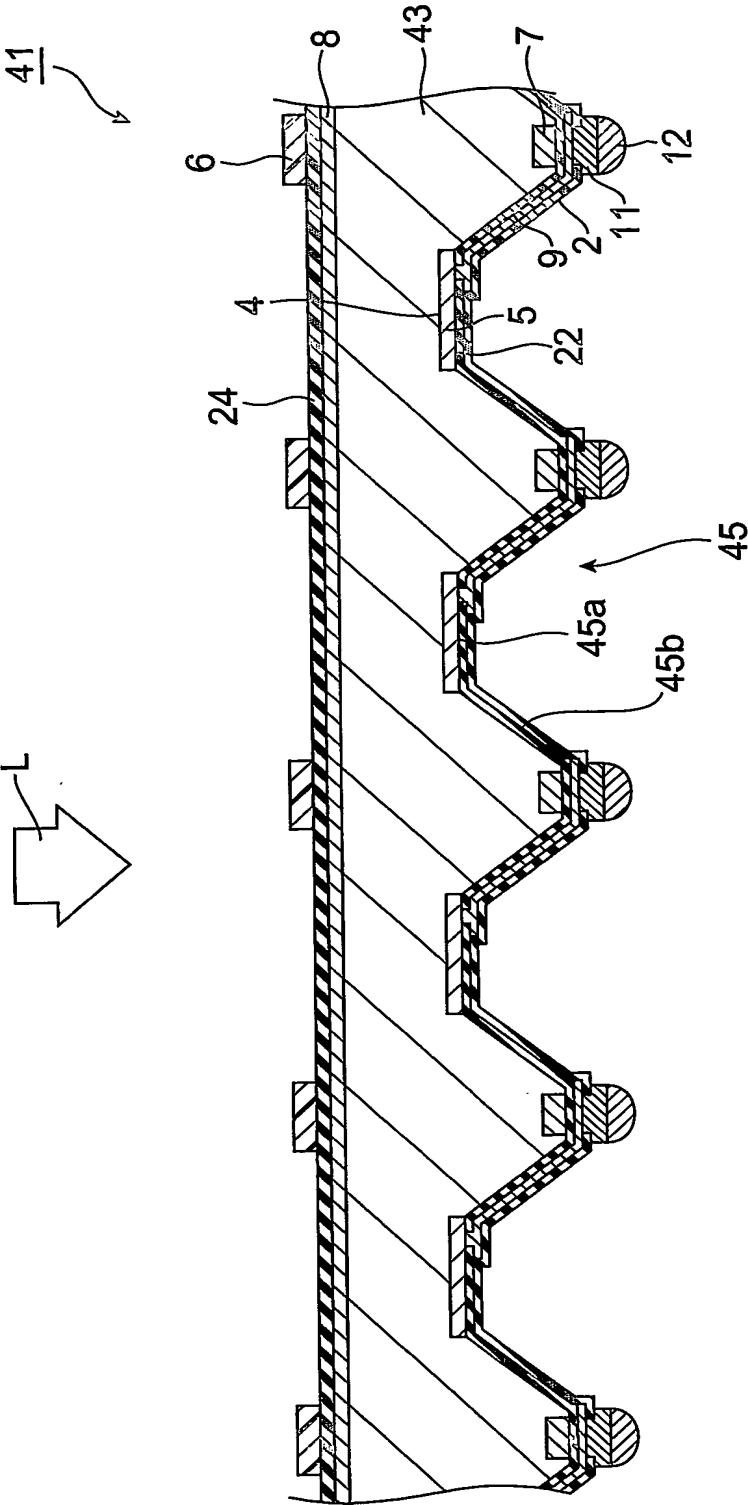


图14



15

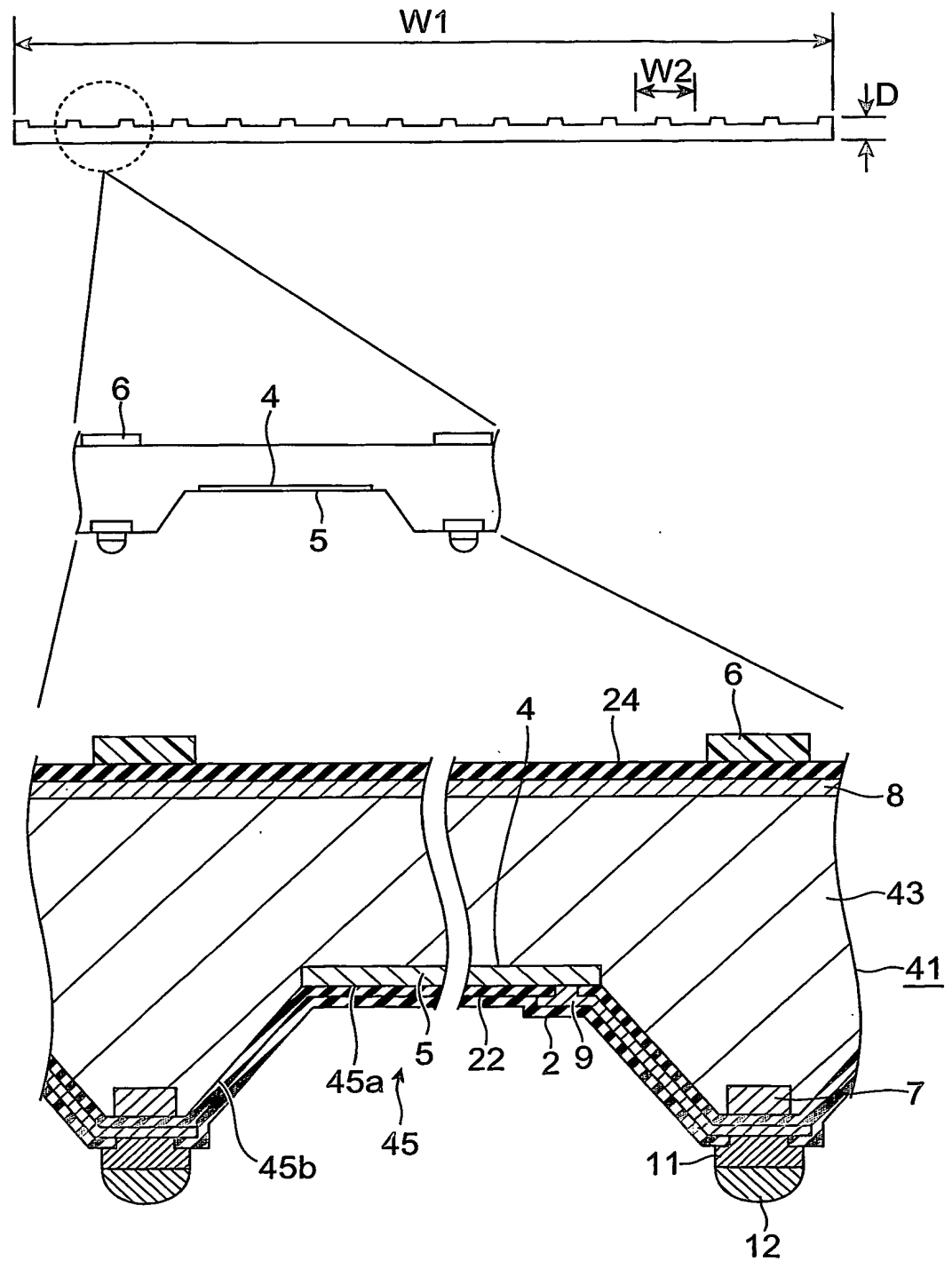


図16

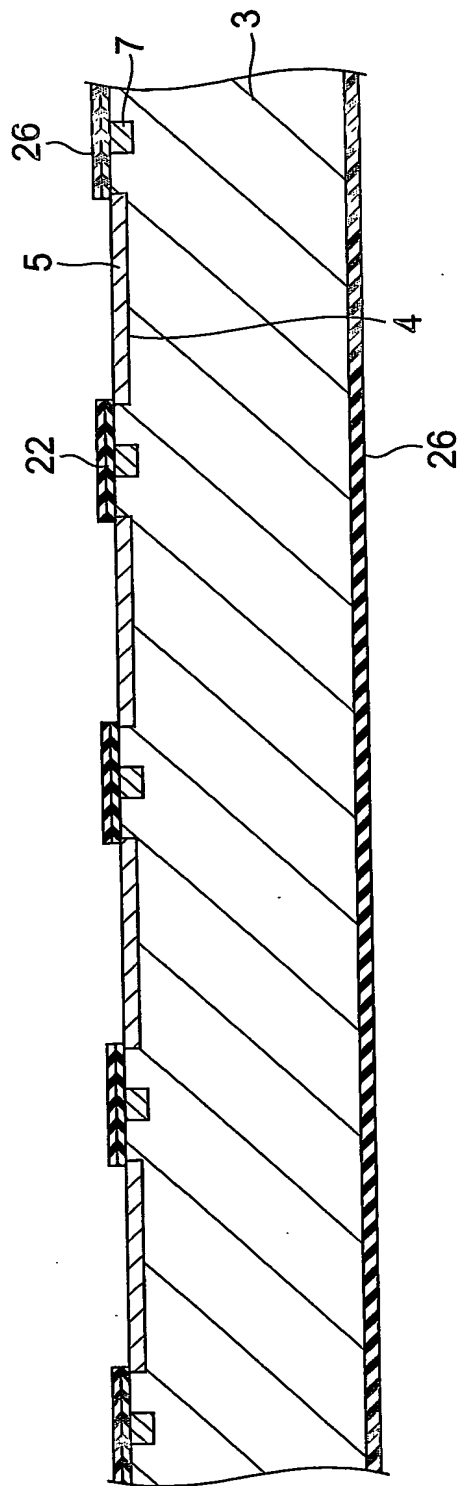




図18

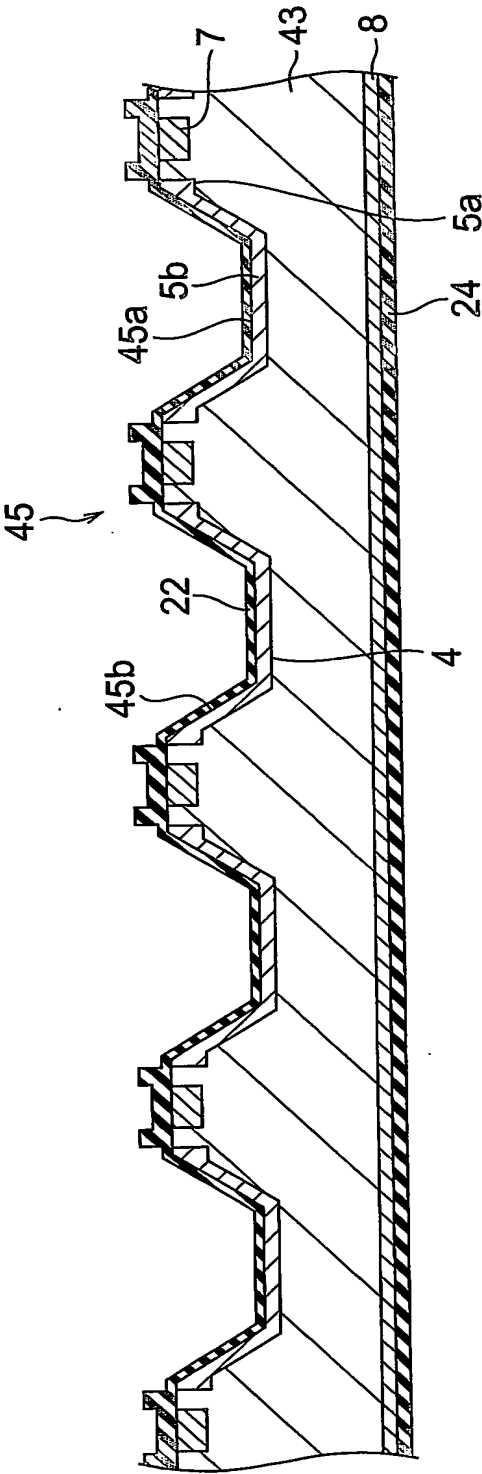




図19

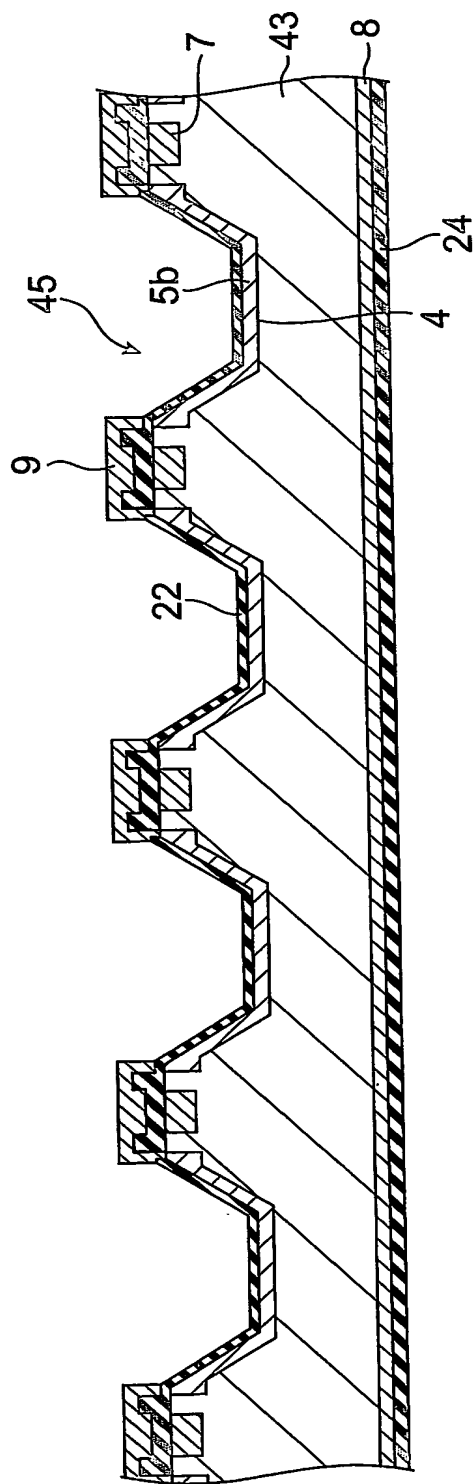


図20

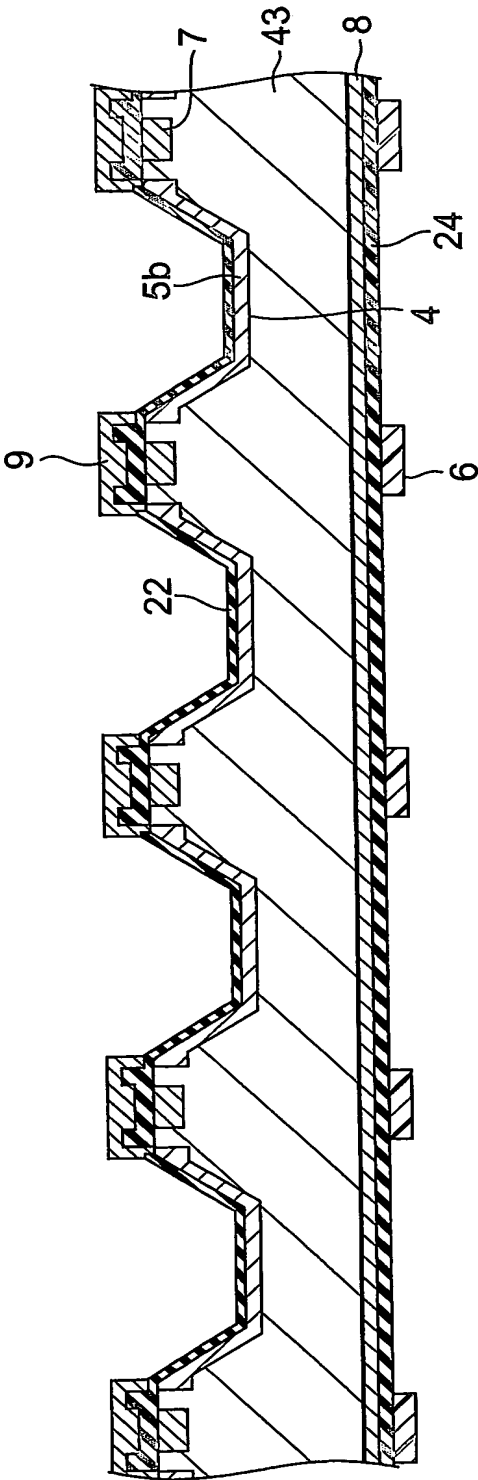


図21

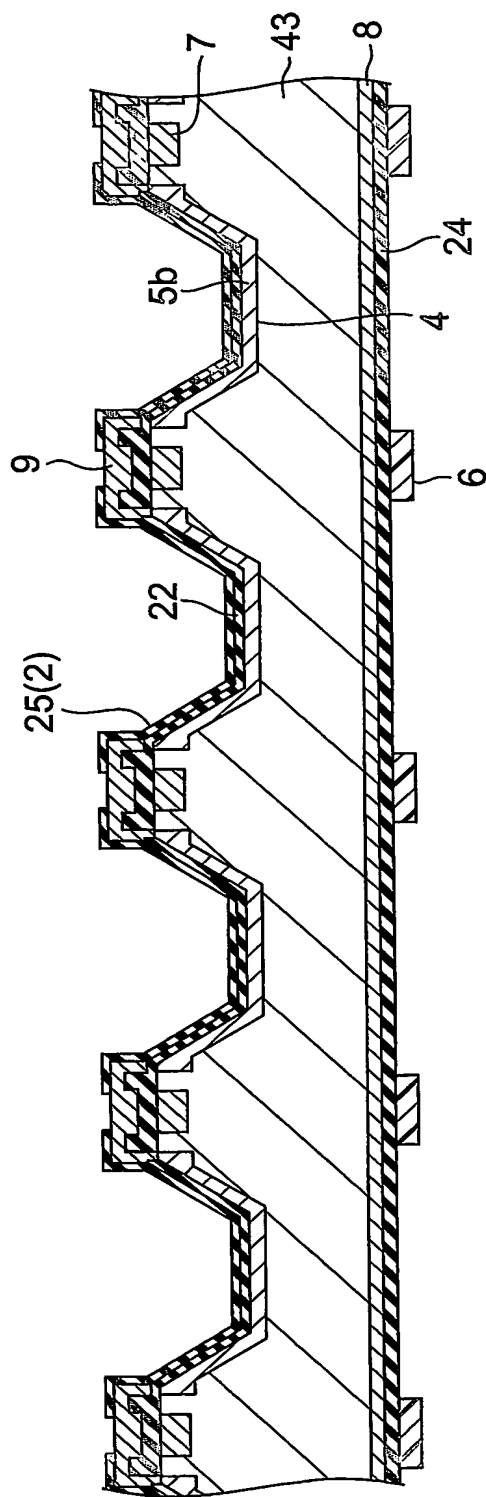
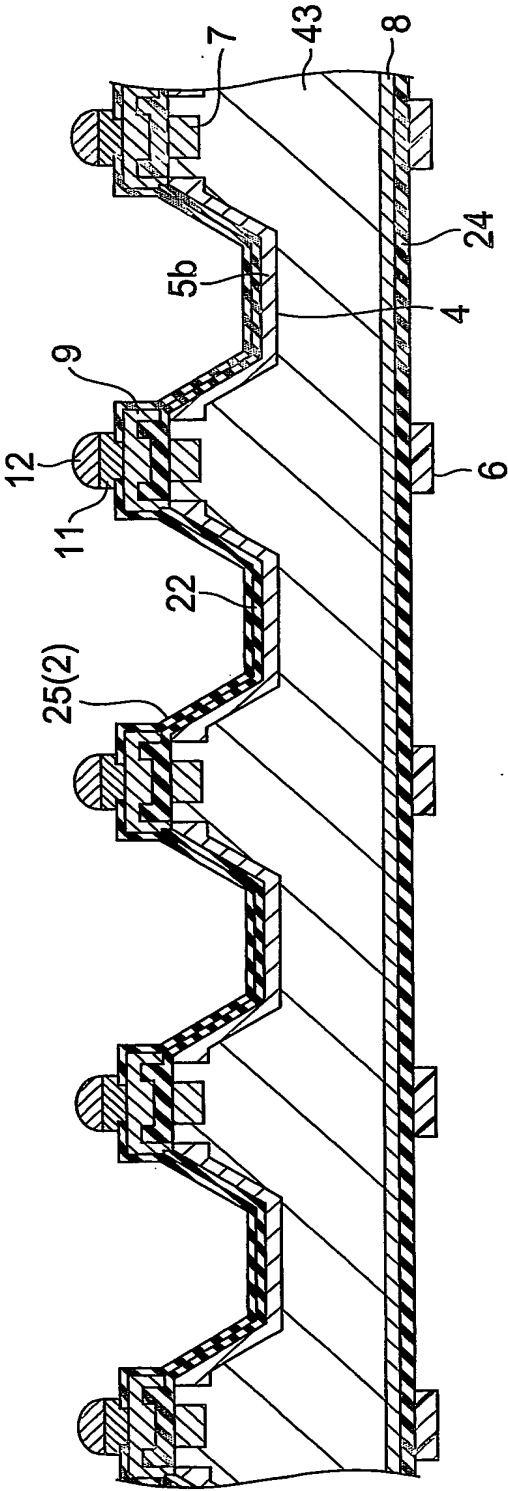
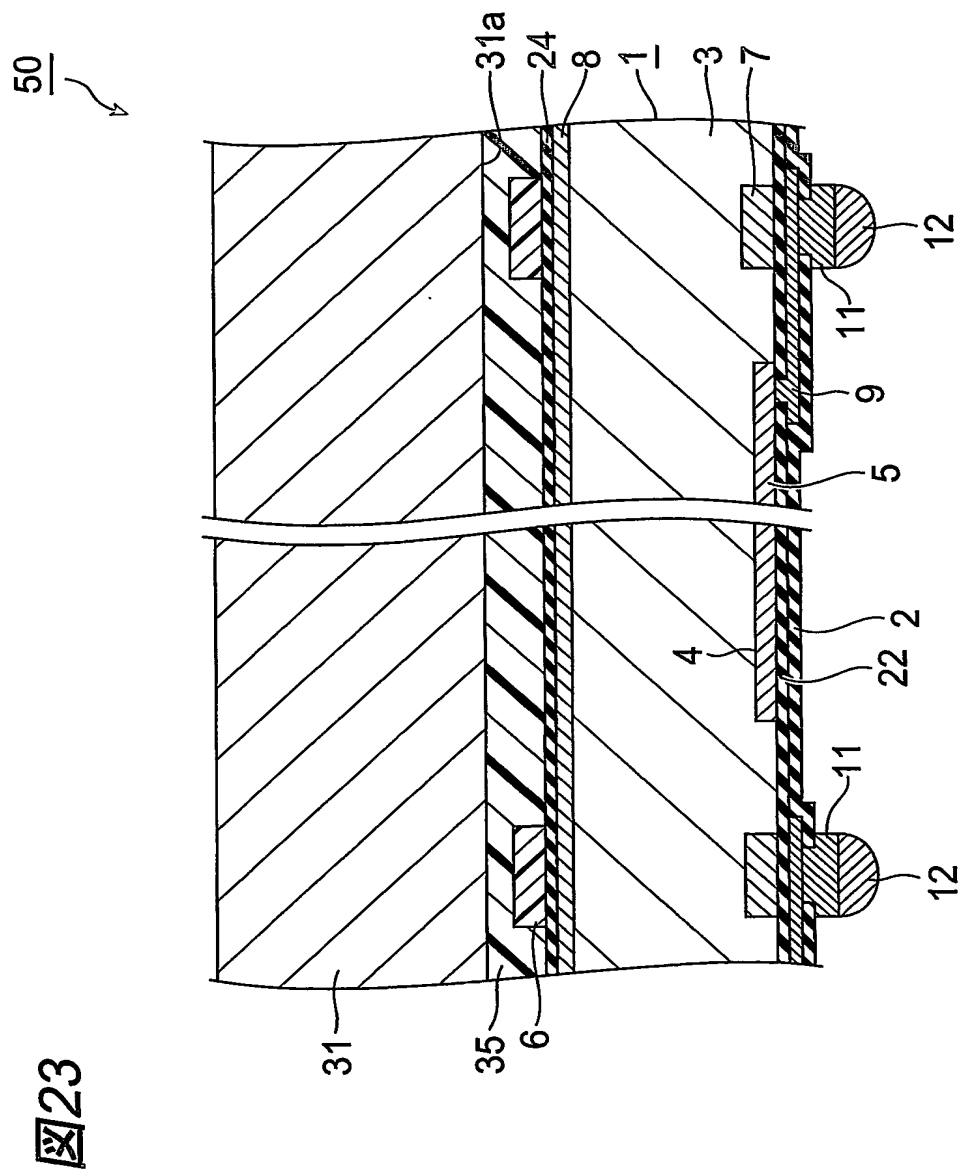


図22





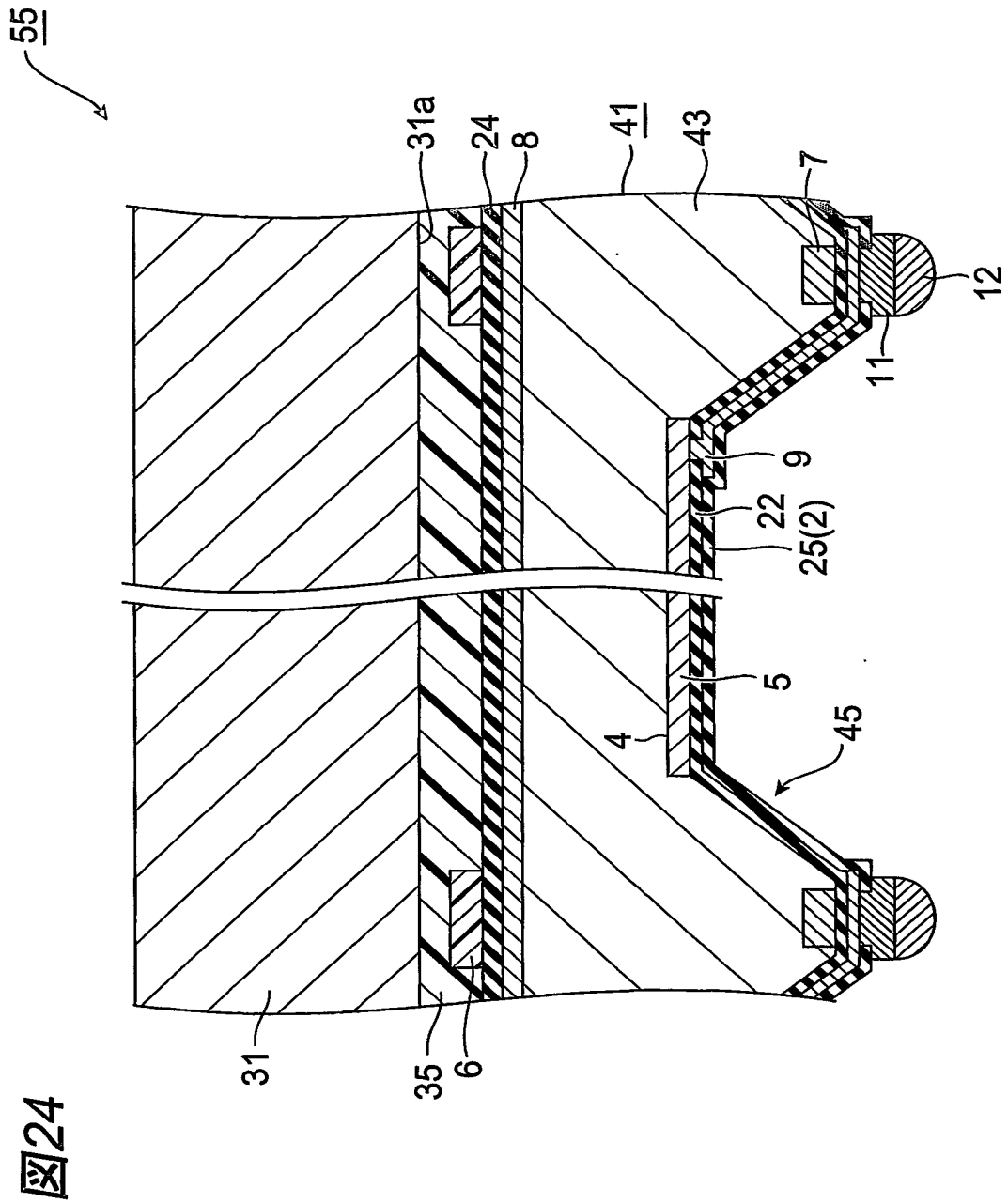


図25B

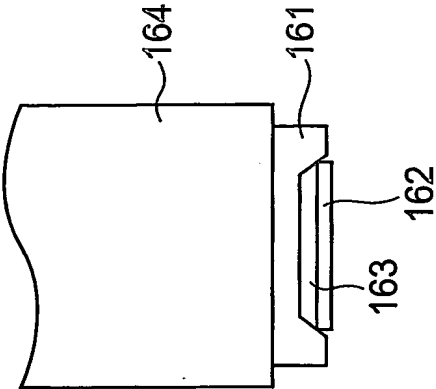


図25A

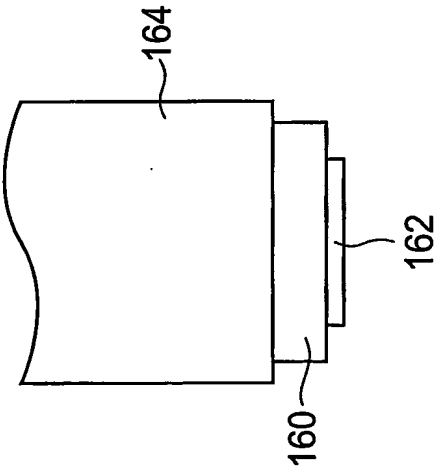


図26

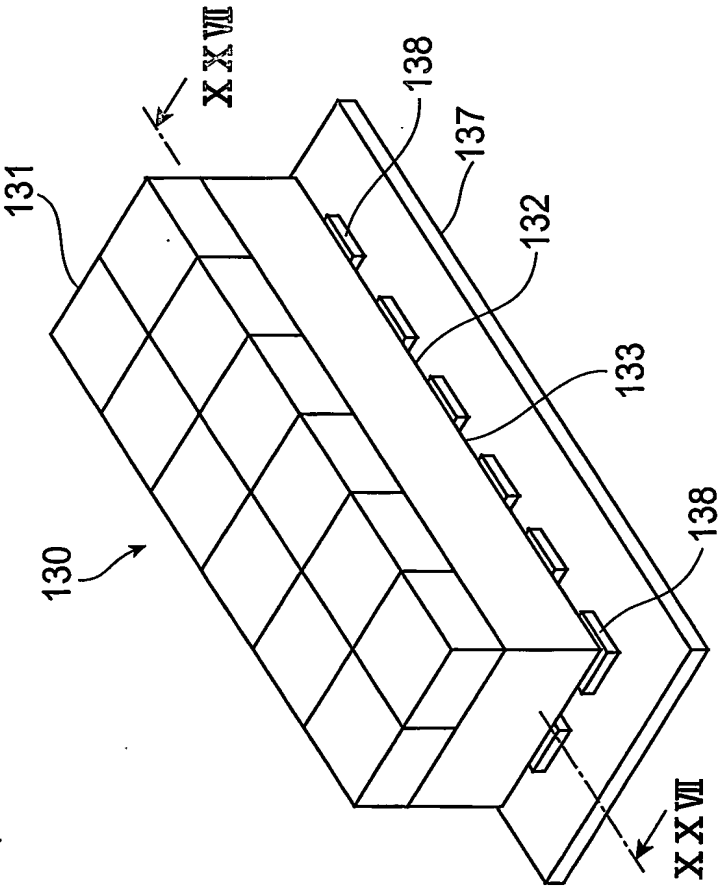
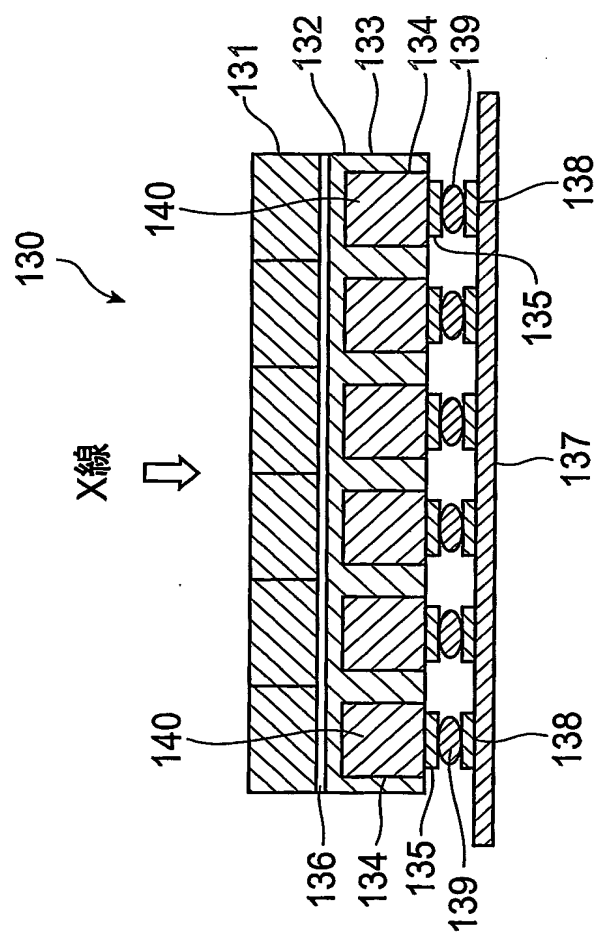




図27



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004215

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-86826 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha),	1, 3, 5-7, 9-12
Y	20 March, 2003 (20.03.03), Full text; all drawings (Family: none)	2, 4, 8
X	JP 2003-86827 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha),	1, 3, 5-7, 9-12
Y	20 March, 2003 (20.03.03), Full text; all drawings (Family: none)	2, 4, 8
Y	JP 5-121711 A (NEC Corp.), 18 May, 1993 (18.05.93), Full text; all drawings (Family: none)	2-6, 8-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 June, 2004 (08.06.04)

Date of mailing of the international search report

22 June, 2004 (22.06.04)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/004215

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-297975 A (Canon Inc.), 29 October, 1999 (29.10.99), Full text; all drawings & EP 936680 A2 & US 6169317 B1	4-6, 11

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2003-86826 A (浜松ホトニクス株式会社) 2003.03.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 3, 5-7, 9-12
Y		2, 4, 8
X	J P 2003-86827 A (浜松ホトニクス株式会社) 2003.03.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 3, 5-7, 9-12
Y		2, 4, 8
Y	J P 5-121711 A (日本電気株式会社) 1993.05.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2-6, 8-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.06.2004

国際調査報告の発送日

22.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

柴山 将隆

4L

3035

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-297975 A (キヤノン株式会社) 1999. 10. 29, 全文, 全図 &EP 936680 A2 &US 6169317 B1	4-6, 11